

RAYLLA SOUZA SILVA

Indicadores geomorfológicos da circulação de fundo na Cadeia Vitória-Trindade e seu papel como barreira dinâmica no oeste do Oceano Atlântico Sul

São Paulo

2022

RAYLLA SOUZA SILVA

Indicadores geomorfológicos da circulação de fundo na Cadeia Vitória-Trindade e seu papel como barreira dinâmica no oeste do Oceano Atlântico Sul

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Geológica.

Orientador: Prof. Dr. Luigi Jovane

São Paulo

2022

SILVA, Raylla Souza. **Indicadores geomorfológicos da circulação de fundo na Cadeia Vitória-Trindade e seu papel como barreira dinâmica no oeste do Oceano Atlântico Sul.** Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Geológica.

Aprovado em: ___/___/_____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Dedico este trabalho aos meus pais, irmã e amigos, com gratidão por seu apoio e suporte ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luigi Jovane, pela orientação e diversas oportunidades de aprendizado e crescimento científico e pessoal.

Aos pós-doutorandos Daniel Pavani e Gabriel Tagliaro pelo apoio acadêmico e auxílio durante a elaboração do trabalho.

Ao Instituto Oceanográfico e seus funcionários, pela oportunidade de realização do curso.

À Marinha do Brasil pelo fornecimento dos dados utilizados neste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de mestrado durante a realização desta pesquisa.

Só se pode alcançar um grande êxito quando nos
mantemos fiéis a nós mesmos.

(NIETZSCHE, Friedrich)

RESUMO

SILVA, Raylla Souza. **Indicadores geomorfológicos da circulação de fundo na Cadeia Vitória-Trindade e seu papel como barreira dinâmica no oeste do Oceano Atlântico Sul.** 2022. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

A geomorfologia marinha está em constante interação com a hidrodinâmica. Quando se trata de montes submarinos, observa-se uma interferência mútua, onde correntes são localmente intensificadas e capazes de alterar a batimetria local ao mesmo tempo em que tem a sua trajetória alterada por essas barreiras topográficas. A fim de entender o papel da Cadeia Vitória-Trindade como barreira hidrodinâmica no oeste do Oceano Atlântico Sul, foram observadas suas características geomorfológicas indicadoras de correntes de fundo a partir de dados batimétricos e sísmica de reflexão. Os dados batimétricos de multifeixe revelaram maior quantidade e extensão de canais de transporte de massa ao sul, especialmente a oeste dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade. Além disso, pequenas estruturas vulcânicas circulares foram identificadas em maior quantidade ao leste da cadeia, sua porção mais jovem. Já os perfis sísmicos apresentaram depósitos contorníticos extensos e transporte de massa ao sul da Cadeia Vitória-Trindade, enquanto na sua porção norte predominam os pelagitos. A distribuição dos depósitos encontrados indica que a porção sul sofre grande influência de correntes de fundo, que provavelmente transporta a Água de Fundo Antártica, enquanto o norte da cadeia tem a geomorfologia afetada mais pontualmente pela Água Profunda do Atlântico Norte. Essas diferenças geomorfológicas sugerem que a Cadeia Vitória-Trindade age como barreira para a Água de Fundo Antártica, que se restringe ao sul da Cadeia até encontrar passagem para o Norte entre os montes Dogaressa e Columbia.

Palavras-chave: Contornito. Turbidito. Massas d'água. Montes submarinos.

ABSTRACT

SILVA, Raylla Souza. **Indicadores geomorfológicos da circulação de fundo na Cadeia Vitória-Trindade e seu papel como barreira dinâmica no oeste do Oceano Atlântico Sul.** 2022. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Marine geomorphology is in constant interaction with hydrodynamics. When it comes to seamounts, there is a mutual interference, where currents are locally intensified and able to change the local bathymetry at the same time that their path is altered by these topographic barriers. To understand the role of the Vitoria-Trindade Chain as a hydrodynamic barrier in the Western South Atlantic Ocean, its geomorphological characteristics indicative of bottom-currents were observed from bathymetric and seismic reflection data. Multibeam bathymetric data revealed a greater number and length of mass transport channels to the south, especially in the western seamounts of the Vitoria-Trindade Chain. In addition, small circular volcanic structures have been identified in greater numbers at the east of the chain, its younger part. On the other hand, the seismic profiles showed extensive contouritic deposits and mass transport to the south of the Vitoria-Trindade Chain, while the pelagites predominate in its northern portion. The distribution of deposits found indicates that the southern portion is greatly influenced by bottom-currents, probably carrying the Antarctic Bottom Water, while the north of the chain has geomorphology more punctually affected by the North Atlantic Deep Water. These geomorphological differences suggest that Vitoria-Trindade Chain acts as a barrier to the Antarctic Bottom Water, which is restricted to the south of the chain until it finds a passage north between Dogaressa and Columbia seamounts.

Keywords: Contourite. Turbidite. Water Mass. Seamounts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Esboço conceitual 3D mostrando as principais características de deposição e erosão devido à circulação de águas profundas em planícies abissais. Por: Hernández-Molina et al. (2008). 15
- Figura 2:** Batimetria da região da Cadeia Vitória-Trindade, costa sudeste brasileira, com a identificação de edifícios vulcânicos (AVC - Complexo Vulcânico de Abrolhos, ABB - Banco de Abrolhos, BSB - Banco de Besnard, CLP - Banco Submarino de Champlain, VTR - Monte Submarino de Vitória, CGB - Banco de Congress, MTG - Monte Submarino de Montague, JSR - Monte Submarino de Jaseur, CLB - Banco de Columbia, DVS - Banco de Davis, DGR - Banco de Dogaressa, CLS - Monte Submarino de Columbia, TRN - Ilha de Trindade, MTV - Ilha de Martim Vaz, ASD - Monte Submarino de Almirante Saldanha, STM - Monte Submarino de São Tomé e HTS - Monte Submarino de Hotspur). Dados batimétricos de fundo fornecidos por: The GEBCO Grid. 16
- Figura 3:** Batimetria predita destacando a localização da Zona de Fratura Vitória-Trindade (ZFVT). Por: Alves et al. (2006). 17
- Figura 4:** Mapa sintético mostrando os caminhos das correntes de contorno e a distribuição dos processos sedimentares, depósitos associados e ambientes deposicionais no dique entre o Canal de Columbia e os montes submarinos da Cadeia de Vitória-Trindade, além dos pontos de coleta de testemunhos (pontos pretos). Por: Faugères et al. (2002). 19
- Figura 5:** Distribuição de massas d'água ao longo da costa do Brasil interpretadas a partir do perfil de concentração de oxigênio na água. Modificado de Schlitzer (2000). ACAS: Água Central do Atlântico Sul, AIA: Água Intermediária Antártica, ACS: Água Circumpolar Superior, APAN: Água Profunda do Atlântico Norte, AFA: Água de Fundo Antártica, ERG: Elevação do Rio Grande, CVT: Cadeia de Vitória-Trindade. 20
- Figura 6:** Trajetória dos flutuadores na Bacia do Brasil, próximo à Cadeia Vitória-Trindade e Elevação do Rio Grande. As setas mostram as posições dos flutuadores com intervalo de 120 dias. Os 22
- Figura 7:** Tipos de contornitos e suas correntes inferidas. Modificado por Rebesco et al. (2014). 25
- Figura 8:** Principais características das feições erosivas lineares que podem estar associadas a contornitos. Modificado por Rebesco et al. (2014). 27
- Figura 9:** Diagrama conceitual mostrando os três principais processos sedimentares de mar profundo (dentro do triângulo) e os modelos das fácies de seus respectivos produtos deposicionais. Por: Rebesco et al. (2014). 28

- Figura 10:** Modelo conceitual das principais características sísmicas de depósitos contorníticos. Modificado por Nielsen et al. (2008). 29
- Figura 11:** Ocorrência de grandes depósitos contorníticos nas bacias oceânicas (em amarelo). Por: Rebesco et al. (2014). 30
- Figura 12:** Modelo conceitual dos diferentes tipos interação entre correntes de turbidez e correntes de contorno: (a) Alternações contornito-turbidito, (b) redistribuição de depósitos gravitacionais por correntes de contorno e (c) interação síncrona entre correntes de fundo e de turbidez. Por: Fannesu et al. (2020). 31
- Figura 13:** Classificação de movimentos de massa submarinos. Por: Locat & Lee (2002). 32
- Figura 14:** Modelo de leque turbidítico progradante, ilustrando sua estrutura interna. Modificado por Berg (1982). 34
- Figura 15:** Comparação de escalas de canais turbidíticos modernos e suas origens deposicionais ou erosivas. Por Mutti & Normark (1987). 35
- Figura 16:** Principais características dos canais, transições canal-lobo e lobos turbidíticos. 1a, canal erosivo; 1b, canal deposicional; 1c, zona de rugosidade; 1d, relevo do depósito de lobo; 2a, camadas truncadas contra a margem do canal; 2b, convergência das camadas nas extremidades do canal; 2c, camadas irregulares causadas por scours; 2d, padrão de camadas paralelas; 3a, conglomerados de clastos; 3b, conglomerados lamosos; 3c, camadas finas de depósitos overbank; 3d,3e, fácies de arenito grosso com estratificação interna; 3f, sequência de Bouma completo e de base faltante; 4a, scours profundos e estreitos associados a clastos rochosos; 4b, clastos de lamito blindados; 4c, scours preenchidos por lama; 4d, scours localmente associados a clastos de lamito; 4e, scours tabulares associados a clastos de lamito do substrato adjacente; 4f, clastos de lamito, geralmente com gradação inversa; 5a, unidades de deslizamento; 5b, estruturas de impacto. Por Mutti & Normark (1987). 36
- Figura 17:** Linhas de aquisições batimétricas e sísmicas do LEPLAC na região da Cadeia Vitória-Trindade. Dados batimétricos de fundo fornecidos por The GEBCO Grid. 38
- Figura 18:** Configurações de reflexão. Por Sangree & Widmier (1979). 44
- Figura 19:** Padrões de arquitetura interna da sísmica de reflexão. Modificado de Xu & Haq (2022). 44
- Figura 20:** Tipos de terminações de refletores das unidades sísmicas. Por Sangree & Widmier (1979). 46
- Figura 21:** Detalhes dos canais de transporte de massa e estruturas circulares positivas nos dados batimétricos do LEPLAC sobrepondo os dados do The GEBCO Grid ao norte dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade. 48

- Figura 22:** Detalhes dos canais de transporte de massa e estruturas circulares positivas nos dados batimétricos do LEPLAC sobrepondo os dados do The GEBCO Grid ao sul dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade. 49
- Figura 23:** Detalhes dos canais de transporte de massa e estruturas circulares positivas nos dados batimétricos do LEPLAC sobrepondo os dados do The GEBCO Grid entre os montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade e nos montes Almirante Saldanha e São Tomé. 50
- Figura 24:** Feições circulares positivas destacadas nos mapas de declividade sobrepondo os dados do The GEBCO Grid no Monte Submarino de Vitória (VTR), Banco de Congress (CGB) e Monte Submarino de Montague (MTG). 51
- Figura 25:** Feições circulares positivas destacadas nos mapas de declividade sobrepondo os dados do The GEBCO Grid próximo aos Montes Submarinos de Montague (MTG) e Jaseur (JSR). 52
- Figura 26:** Feições circulares positivas destacadas nos mapas de declividade sobrepondo os dados do The GEBCO Grid nos Bancos de Columbia (CLB) e Davis (DVS). 53
- Figura 27:** Canais de transporte de massa (em azul) da região sobrepondo os dados batimétricos do LEPLAC e dados do The GEBCO Grid no Monte Submarino de Vitória (VTR), Banco de Congress (CGB) e Monte Submarino de Montague (MTG). 54
- Figura 28:** Canais de transporte de massa (em azul) da região sobrepondo os dados batimétricos do LEPLAC e dados do The GEBCO Grid próximos aos Montes Submarinos de Montague (MTG) e Jaseur (JSR). 55
- Figura 29:** Canais de transporte de massa (em azul) da região sobrepondo os dados batimétricos do LEPLAC e dados do The GEBCO Grid nos Bancos de Columbia (CLB) e Davis (DVS). 56
- Figura 30:** Fácies sísmicas encontradas e suas respectivas características de reflexão e interpretação. 57
- Figura 31:** (a) Linha sísmica 501-0514 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) contornito ao sul de Hotspur (HTS). Detalhes da localização da linha 501-0514 na Figura 17. 59
- Figura 32:** (a) Linha sísmica b43 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) transporte de massa ao sul do Monte Vitória (VTR). Detalhes da localização da linha b43 na Figura 17. 60
- Figura 33:** Linha sísmica s19 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) contornito e (d) transporte de massa. Detalhes da localização da linha s19 na Figura 17. 61

- Figura 34:** Linha sísmica b38-b43 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o transporte de massa ao (c) norte e (d) sul do Monte Montague (MTG). Detalhes da localização da linha b38-b43 na Figura 17. 62
- Figura 35:** Linha sísmica b48 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) pelagito, (d) contornito e Canal de Columbia, (e) paleocanal e (f) sediment waves. Detalhes da localização da linha b48 na Figura 17. 65
- Figura 36:** Linha sísmica s22 e (b) interpretação de depósitos sedimentares. Detalhes da localização da linha s22 na Figura 17. 66
- Figura 37:** Linha sísmica 500-0514 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) Canal de Columbia, (d) paleocanal e dobra e (e) sediment waves. Detalhes da localização da linha 500-0514 na Figura 17. 67
- Figura 38:** Contornito do tipo patch drift ao sul do Monte Hotspur (HTS), da linha sísmica 501-0514. 68
- Figura 39:** Contornitos dos tipos (a) plastered e (b) confined drift entre os montes Besnard (BSB) e Vitória (VTR), das linhas sísmicas s21-s20 e s19, respectivamente. 69
- Figura 40:** Contornito do tipo patch drift ao sudoeste do Monte de São Tomé (STM), da linha sísmica b38-b43. 70
- Figura 41:** Contornito do tipo patch drift ao sul dos montes (a) Davis (DVS) e (b) Dogaressa (DGR), das linhas sísmicas b48 e 500-0514, respectivamente. 71
- Figura 42:** Contornito do tipo mixed drift ao sul do Canal de Columbia, das linhas sísmicas (a) b48 e (b) 500-0514, respectivamente. 72
- Figura 43:** Distribuição espacial dos depósitos sedimentares encontrados e direções da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN; em cinza escuro) e Água de Fundo Antártica (AFA; em branco) estimadas. As setas de linhas tracejadas foram baseadas no trabalho de Faugères et al. (2002), as pontilhadas no de Hogg & Owens (1999) e as linhas sólidas foram acrescentadas no presente trabalho. As linhas pontilhadas ao fundo indicam as linhas sísmicas analisadas. 77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 ÁREA DE ESTUDO	16
1.1.1 <i>Geologia</i>	17
1.1.2 <i>Geomorfologia</i>	18
1.1.3 <i>Hidrodinâmica</i>	19
1.2 Justificativa	23
1.3 Objetivos	23
1.4 Hipótese Científica	23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 CONTORNITOS	24
2.1.1 <i>Sistemas mistos Turbidito-contornito</i>	30
2.2 Transporte de Massa	32
2.2.1 <i>Turbidito</i>	33
2.3 Pelagito	36
3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 BATIMETRIA	38
3.2 SÍSMICA	40
3.2.1 <i>INTERPRETAÇÃO SÍSMICA</i>	42
4 RESULTADOS	47
4.1 Batimetria	47
4.2 Sísmica	56
4.2.1 <i>Classificação Morfológica dos Contornitos</i>	68
4.2.1.1 <i>Norte</i>	68
4.2.1.2 <i>Sul</i>	69
5 DISCUSSÃO	73
5.1 Norte	73
5.2 Sul	73
5.3 Comparações longitudinais	76
5.4 Interpretação hidrodinâmica	76
5.5 INTERAÇÃO ENTRE CORRENTES DE FUNDO E A CVT EM PERÍODOS GLACIAIS	78
6 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE A – LINHAS SÍSMICAS AUXILIARES	87

1 INTRODUÇÃO

Planícies abissais são as regiões mais profundas e planas das bacias oceânicas, atingindo profundidades entre 3000 e 6000 m de lâmina d'água (Hernández-Molina et al., 2008). Suas irregularidades topográficas originais são geralmente suavizadas por camadas de sedimentos de espessura variada (500 a 5000 m), porém, diferentes depósitos sedimentares como turbiditos, megaturbiditos, sedimentos pelágicos e hemipelágicos e depósitos de deriva como contornitos podem ser encontrados (Pickering et al., 1989; Lebreiro et al., 1997; Weaver et al., 2000; Faugères et al., 1999; Rebesco, 2005 *apud* Hernández-Molina et al., 2008).

Por ser uma região profunda e afastada da costa, processos continentais possuem pouca relevância e o fluxo de massas d'água torna-se mais importante na moldagem dos depósitos sedimentares das planícies abissais. As massas d'água podem ser transportadas por correntes de fundo de forma tabular e com menores velocidades ou de forma mais turbulenta e com maiores velocidades. Justamente por isso, a compreensão do comportamento das correntes de fundo é essencial para explicar os depósitos em planícies abissais (Hernández-Molina et al., 2008).

Diferenças hidrodinâmicas, especialmente quando se trata de correntes de fundo, podem ser refletidas na geomorfologia e depósitos locais. A morfologia do fundo é uma das formas mais gráficas de ilustrar a dinâmica de correntes de fundo presentes em regiões de estruturas como contornitos, permitindo a identificação de depósitos de sedimento e suas formas, fossas, canais erosivos e, até mesmo, texturas onduladas moldadas por elas (Howe, 2008).

O trabalho de Miramontes et al. (2019), por exemplo, estuda a relação entre correntes de fundo e a distribuição de contornitos no noroeste do Mar Mediterrâneo. O estudo se baseia na análise conjunta da (1) modelagem hidrodinâmica, (2) amostras de *piston core*, (3) batimetria multifeixe e (4) sísmica de alta resolução. Estes dados mostraram como diferentes intensidades e variações das correntes de fundo podem propiciar feições mais erosivas ou deposicionais de diferentes extensões e formas. Além disso, usou-se feições como *pockmarks* alongados como indicadores de direção predominante de correntes de fundo (Miramontes et al., 2019).

A presença de obstáculos topográficos nos oceanos pode afetar as correntes de fundo e vice-versa, como mostram os trabalhos de Thiéblemont et al. (2019) e Tagliaro et al. (2021a). Esses obstáculos podem ser espacialmente distribuídos de forma pontual/isolada ou linear e

costumam provocar regiões de intensificação ou desaceleração de fluxos (Kennett, 1982 *apud* Hernández-Molina et al., 2008; Roden, 1987), além disso, ambos afetam as direções das correntes, podendo também provocar vórtices e aprisionar ondas (Roden, 1987; Fig. 1). Essa interação tem influência direta nos processos de sedimentação e erosão ao redor dos montes isolados (Davies & Laughton, 1972 *apud* Hernández-Molina et al., 2008), podendo agir na formação de canais marginais e *moats* ao redor de suas bases, dados por deposição diferencial de sedimento controlada por correntes de fundo (Roberts et al., 1974; Fig. 1). Nos obstáculos lineares, como cadeias de montes submarinos, os efeitos mais comuns sobre a circulação local são: deflexão de correntes de contorno, geração de vórtices, aprisionamento de frentes, retificação de fluxos e sua intensificação entre os vãos da cadeia (Roden, 1987). Neste caso, características deposicionais e erosivas também são geradas (Hernández-Molina et al., 2008; Fig. 1).

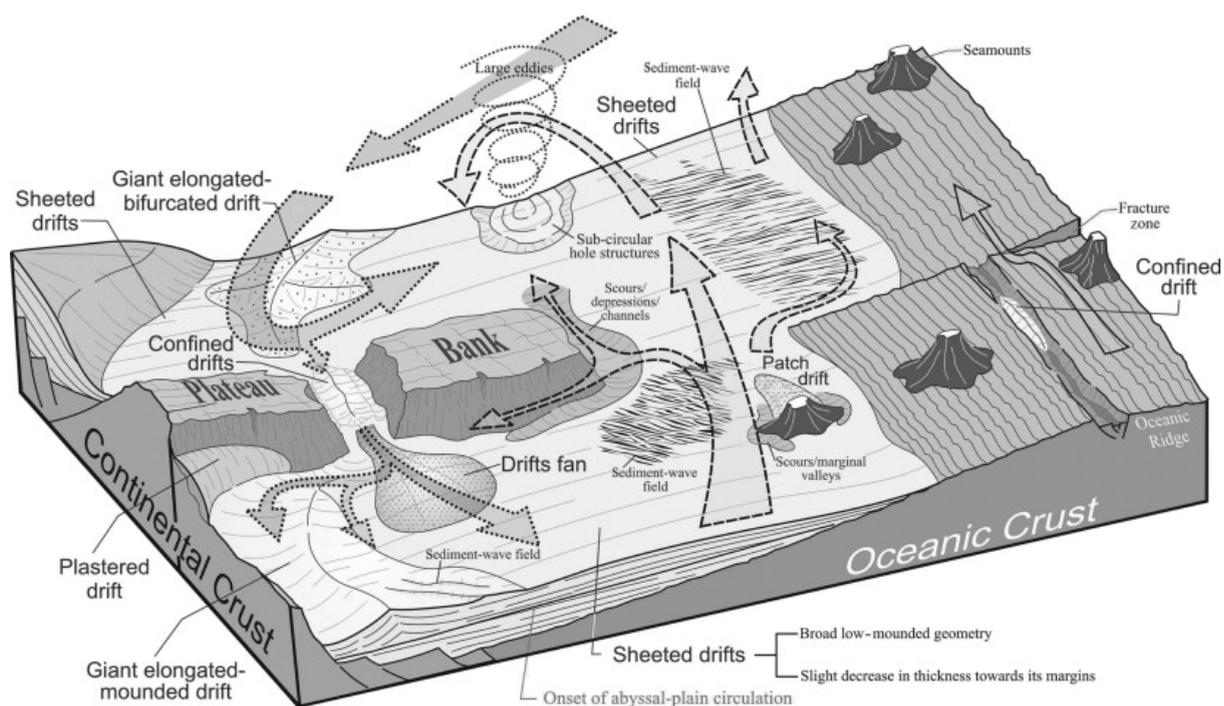


Figura 1: Esboço conceitual 3D mostrando as principais características de deposição e erosão devido à circulação de águas profundas em planícies abissais. Por: Hernández-Molina et al. (2008).

Localizada ao oeste do Oceano Atlântico Sul, próximo à latitude de 21°S, a Cadeia Vitória-Trindade (CVT) é uma sequência de bancos e montes submarinos, em sua maioria vulcânicos (Fig. 2). Segundo Alves et al. (2006), a Cadeia age como uma barreira para a sedimentação local, fazendo com que a porção ao norte da CVT possua sedimento de origem

estritamente terrígena e, ao sul, haja retrabalhamento do sedimento hemipelágico pela Água de Fundo Antártica (AFA).

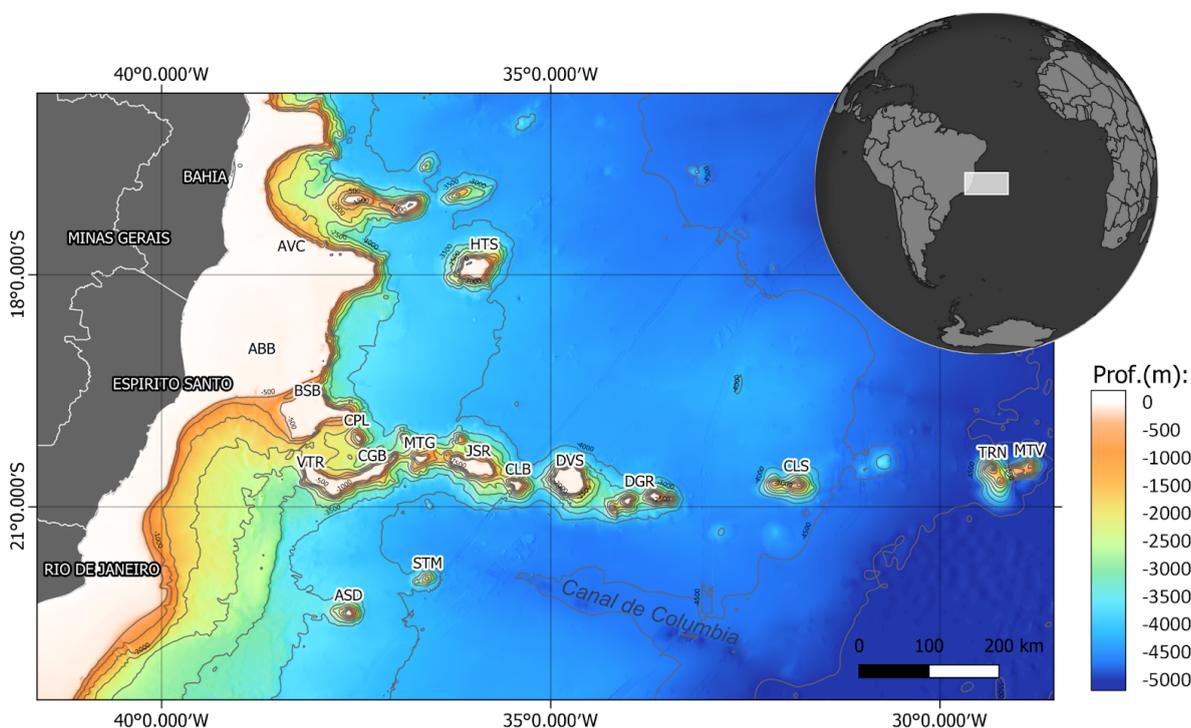


Figura 2: Batimetria da região da Cadeia Vitória-Trindade, costa sudeste brasileira, com a identificação de edifícios vulcânicos (AVC - Complexo Vulcânico de Abrolhos, ABB - Banco de Abrolhos, BSB - Banco de Besnard, CPL - Banco Submarino de Champlain, VTR - Monte Submarino de Vitória, CGB - Banco de Congress, MTG - Monte Submarino de Montague, JSR - Monte Submarino de Jaseur, CLB - Banco de Columbia, DVS - Banco de Davis, DGR - Banco de Dogaressa, CLS - Monte Submarino de Columbia, TRN - Ilha de Trindade, MTV - Ilha de Martim Vaz, ASD - Monte Submarino de Almirante Saldanha, STM - Monte Submarino de São Tomé e HTS - Monte Submarino de Hotspur). Dados batimétricos de fundo fornecidos por: *The GEBCO Grid*.

A proposta deste trabalho é o mapeamento dos indicadores geomorfológicos da circulação de fundo regional, presentes ao longo dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade, utilizando dados batimétricos e perfis sísmicos da região, comparando a geomorfologia ao norte e ao sul da CVT para entender o seu papel na circulação de fundo do oeste do Oceano Atlântico Sul.

1.1 Área de Estudo

A Cadeia Vitória-Trindade (CVT) se trata de uma sequência de bancos e montes submarinos localizados em frente à costa do Estado de Espírito Santo, sudeste do Brasil, e

com extensão de aproximadamente 950 km onde, em seu extremo leste, localizam-se as Ilhas de Trindade e Martim Vaz (Fig. 2).

1.1.1 Geologia

A CVT localiza-se sobre a Zona de Fratura que leva o mesmo nome e se estende além da Cordilheira Mesoatlântica (Fig. 3). Nesta porção, a Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT) apresenta falhamentos e sinais de intensa atividade vulcânica, como a intrusão de diques e soleiras que, por não apresentarem sedimentação posterior, foram interpretados como recentes (Alves et al., 2006).

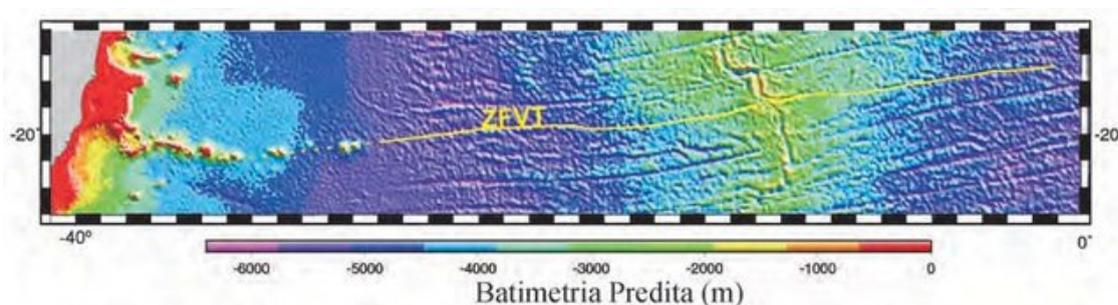


Figura 3: Batimetria predita destacando a localização da Zona de Fratura Vitória-Trindade (ZFVT). Por: Alves et al. (2006).

Segundo diversos autores (O'Connor & Duncan, 1990; Fodor & Hanan, 2000 e Siebel et al., 2000 *apud* Alves et al., 2006), a CVT está geneticamente ligada à Pluma Mantélica de Trindade, que a teria formado devido à movimentação da Placa Sul-americana sobre a mesma. Neste contexto, a ZFVT teria agido como uma zona de fraqueza, que continua atuando como um canalizador das erupções vulcânicas resultantes da pluma (Alves et al., 2006).

A Cadeia representa um conjunto de edifícios vulcânicos onde sua estrutura é majoritariamente composta por Alto Embasamento aflorante e algumas porções soterradas (Alves et al., 2006). Por outro lado, a CVT também é composta pelo Banco de Besnard, o Monte Submarino de Vitória e o Banco de Congress, que, com base em suas características morfológicas, possivelmente são fragmentos da Plataforma Continental (Motoki et al., 2012).

A CVT age como uma barreira para a sedimentação local. Enquanto os sedimentos ao sul têm características hemipelágicas e são retrabalhados pela Água de Fundo Antártica, a porção ao norte da Cadeia é estritamente composta por sedimentos terrígenos (Alves et al., 2006).

Quanto a idade das estruturas da CVT, segundo a geocronologia, a Ilha de Martim Vaz possui menos de 1 Ma, enquanto as Ilhas de Trindade possuem cerca de 3 Ma (Motoki et al., 2012). Com base na velocidade de expansão, estimada em 2,5 cm/ano na direção leste, o Banco de Dogaressa teria cerca de 20 Ma e o Banco Submarino de Champlain 40 Ma (Motoki et al., 2012).

Ao sul da CVT, localiza-se o Canal de Columbia (Fig. 2), um canal turbidítico com provável controle estrutural, que forma um sistema deposicional misto turbidítico-contornítico de aproximadamente 400 km de extensão (Faugères et al., 2002; Lima et al., 2009). Faugères et al. (2002) concentram seu trabalho principalmente no dique ao norte do Canal de Columbia, onde utilizaram perfilação sísmica e análises em testemunhos para caracterizar seu sedimento, ambiente deposicional e processos sedimentares associados (Fig. 4). Como resultado, o estudo encontrou ambientes dominados por turbiditos arenosos intercalados por contornitos lamosos nas regiões mais próximas ao Banco de Dogaressa e domínio por contornitos lamosos à *offshore* e em parte do dique ao sul do Canal de Columbia, além de propor como a AFA age como corrente de contorno na região (Fig. 4; Faugères et al., 2002).

1.1.2 Geomorfologia

A geomorfologia da Cadeia Vitória-Trindade foi anteriormente caracterizada por Motoki et al. (2012), com base nos dados do TOPO, da Universidade de Califórnia, San Diego (UCSD). Segundo os autores, os montes submarinos aparecem em maior quantidade na porção oeste, além de apresentarem deslizamentos mais significativos quando comparados aos montes da porção leste. Além disso, suas estruturas mais rasas possuem topo aplainado por erosão marinha e são cobertos por calcário biogênico (Almeida, 2006), sendo essa morfologia mais presente nos montes ao oeste da Cadeia.

De leste para oeste, os deslizamentos aparecem a partir do Monte submarino de Columbia, com a presença de vales de deslizamentos, que se tornam mais frequentes e expressivos a partir dos Bancos de Dogaressa e Davis, além de outras morfologias de deslizamentos. Essas características sugerem que as estruturas presentes ao leste são mais jovens (Motoki et al., 2012).

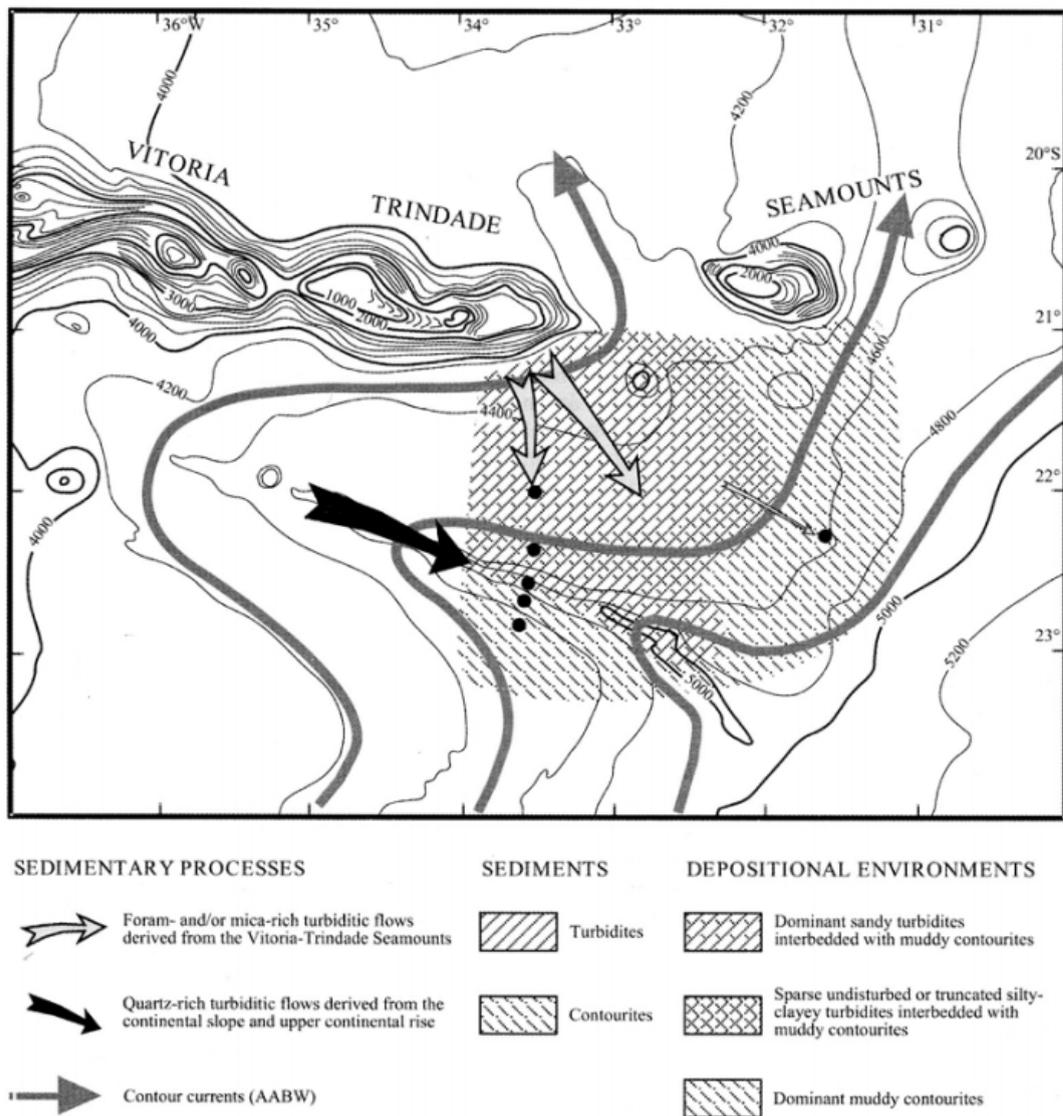


Figura 4: Mapa sintético mostrando os caminhos das correntes de contorno e a distribuição dos processos sedimentares, depósitos associados e ambientes deposicionais no dique entre o Canal de Columbia e os montes submarinos da Cadeia de Vitória-Trindade, além dos pontos de coleta de testemunhos (pontos pretos). Por: Faugères et al. (2002).

1.1.3 Hidrodinâmica

Os três primeiros quilômetros da coluna d'água do oeste do Oceano Atlântico Sul são compostos pela Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN; Silveira et al., 2000) e, por fim, maiores profundidades são ocupadas pela Água de Fundo Antártica (AFA; Fig. 5).

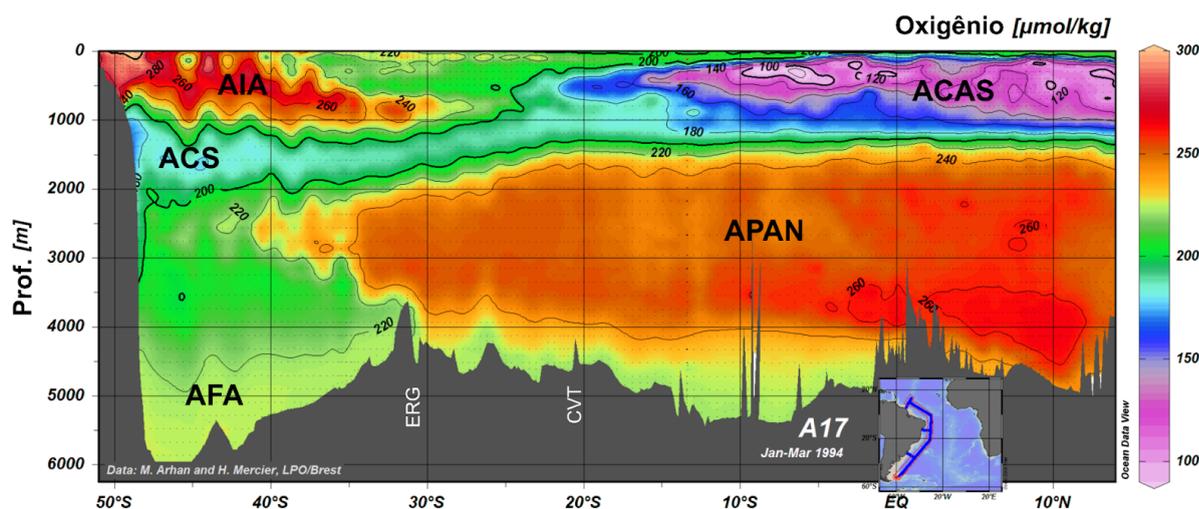


Figura 5: Distribuição de massas d'água ao longo da costa do Brasil interpretadas a partir do perfil de concentração de oxigênio na água. Modificado de Schlitzer (2000). ACAS: Água Central do Atlântico Sul, AIA: Água Intermediária Antártica, ACS: Água Circumpolar Superior, APAN: Água Profunda do Atlântico Norte, AFA: Água de Fundo Antártica, ERG: Elevação do Rio Grande, CVT: Cadeia de Vitória-Trindade.

Localizada na região da picnoclina, a ACAS é uma massa d'água formada a partir do afundamento de águas na Convergência Subtropical, com posterior ajuste de profundidade, de forma a manter o equilíbrio hidrostático (Sverdrup et al., 1942 *apud* Silveira et al., 2000). Ela faz parte do Giro Subtropical do Atlântico Sul, sendo transportada pelas Correntes do Atlântico Sul até o sul do continente africano e retornando à costa brasileira através da Corrente Sul Equatorial e da Corrente de Benguela, que sofre uma bifurcação, de localização ainda incerta, fluindo parte para o norte e parte para o sul (Silveira et al., 2000). Stramma & England (1999) propõem que a latitude desta bifurcação varia para diferentes profundidades da coluna d'água, ocorrendo na CVT entre 100 e 500 m de profundidade.

Na costa do Brasil, a AT e ACAS são transportadas pela Corrente do Brasil (CB), que contorna toda costa leste do continente sul-americano, fluindo para sul a partir da latitude de 10°S até a região da Convergência Subtropical (33-38°S) (Peterson & Stramma, 1991; Silveira et al., 2000). Mais ao norte do país, a CB é mais rasa e confinada à Plataforma Continental, o que dificulta o cálculo do transporte pela corrente na região (Peterson & Stramma, 1991) e entre as latitudes 21 e 35°S a borda costeira da CB é encontrada em profundidades menores que 2000 m, em média posicionada sobre a isóbata de 200 m (Garfield, 1988; *apud* Peterson & Stramma, 1991), com transporte significativo sobre a plataforma, sendo que ao redor de 24°S a corrente é intensificada, com posterior decréscimo ao chegar a 30°S (Gordon e Greengrove, 1986; Lenz, 1975; Reid, Nowlin & Patzert, 1977;

Tsuchiya, 1985; Gordon & Greengrove, 1986; Stramma, 1989; Brown, Evans, Olson & Podesta, 1985; Olson, Podesta, Evans & Brown, 1988; *apud* Peterson & Stramma, 1991).

Da Rocha et al. (2006) demonstra através de modelos oceânico-atmosféricos que a CVT influencia na formação do Vórtice de Vitória, um vórtice ciclônico da CB ao sul da CVT, há 100 km de distância da cidade de Vitória, Espírito Santo (Schmid et al. 1985). Além de descrever esse vórtice, Schmid et al. (1985) também observam as mudanças da interação da Corrente do Brasil com a CVT ao longo do tempo, que se beneficia de canais entre os montes da Cadeia, variando longitudinalmente sua passagem para sul.

A AIA se origina nas camadas mais rasas (até 200 m) do norte da Corrente Circumpolar Antártica, que sofre subducção e, em seguida, é transportada para norte na região oeste do Oceano Atlântico Sul, onde pode ser encontrada em profundidades entre 500 e 1200 m e tem como principais características a alta concentração de oxigênio e baixa salinidade (McCartney, 1982; Piola & Gordon, 1989; Talley, 1996; Stramma & England, 1999; Alvarez et al., 2014 *apud* Liu & Tanhua, 2019).

A APAN se forma no Oceano Atlântico Norte, a oeste da Cordilheira Meso-oceânica e, a partir dali, percorre toda a costa do Continente Americano sentido sul (Liu & Tanhua, 2021). A APAN pode ser dividida em duas porções: superior e inferior. Sua porção superior é formada pela mistura entre a Água da Islândia-Escócia e a Água do Mar de Labrador, enquanto sua porção inferior sofre uma influência adicional da Água do Estreito da Dinamarca (Dickson and Brown, 1994; Stramma et al., 2004, *apud* Liu & Tanhua, 2021).

Em seu fluxo para sul, a APAN é defletida pela AFA em torno da latitude de 50° S e se mistura com outras massas d'água na Corrente Circumpolar Antártica, formando a Água Profunda Circumpolar (APC; Liu & Tanhua, 2019). A porção da APC que alcança as profundidades mais rasas (cerca de 1000 m) é também denominada ACS e é pobre em oxigênio se comparada à APAN e AIA (Stramma & England, 1999).

A AFA é a massa d'água de fundo mais importante do Oceano Atlântico Sul, presente em profundidades maiores que 4000 m. Sua origem se dá na porção sul da Corrente Circumpolar Antártica, sendo uma mistura entre a APC e a Água de Fundo do Mar de Weddell (Liu & Tanhua, 2019). Para chegar à Bacia do Brasil, a AFA tem como principais passagens os Canais de Vema e Hunter, que bordeiam o oeste e leste da Elevação do Rio Grande, respectivamente (Hogg et al., 1999).

Hogg & Owens (1999) estudaram a APAN e a AFA na área de estudo com base em

medições diretas a partir de flutuadores (Fig. 6). Ao norte da CVT, a Corrente de Contorno Oeste Profunda (CCOP/DWBC), transportando a APAN (2500 m), tem o seu fluxo, antes direcionado a sul, interrompido pela presença da Cadeia e, então, defletido tanto para oeste quanto para leste, que contorna e chega ao sul da CVT, onde seu fluxo médio é direcionado a oeste (Fig. 6). Já para a AFA (4000 m), vinda de sul, a CVT age como barreira para o seu trajeto em direção norte, onde raramente é capaz de contornar a Cadeia, uma parte se concentrando ao sul e outra se afastando da CVT à nordeste, sentido *offshore* (Fig. 6; Hogg & Owens, 1999).

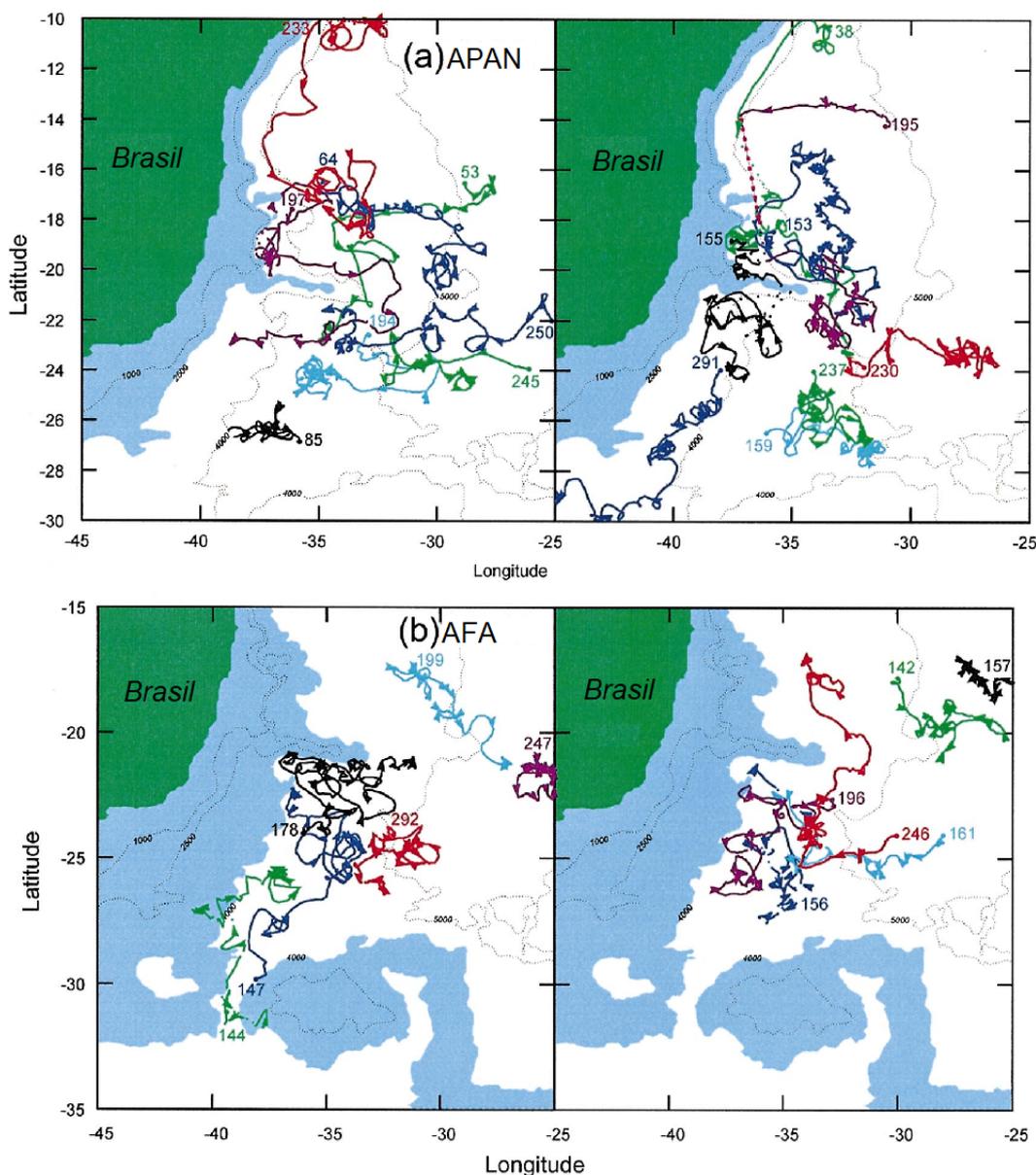


Figura 6: Trajetória dos flutuadores na Bacia do Brasil, próximo à Cadeia Vitória-Trindade e Elevação do Rio Grande. As setas mostram as posições dos flutuadores com intervalo de 120 dias. Os flutuadores da APAN (a) foram posicionados à profundidade de 2500 m, e os da AFA (b) a 4000 m. Modificado de Hogg & Owens (1999).

1.2 Justificativa

A circulação oceânica dada pelo transporte de massas d'água é um importante controlador climático, proporcionando o transporte de calor na Terra. A presença de montes submarinos pode interagir com a hidrodinâmica e agir como barreiras capazes de alterar a trajetória de correntes. Visto isso, características geomorfológicas ao norte e ao sul da Cadeia Vitória-Trindade podem indicar diferenças hidrodinâmicas e de sedimentação entre essas regiões, evidenciando o papel da CVT como uma barreira aos processos hidrodinâmicos locais, enquanto as variações longitudinais podem revelar diferenças relacionadas à idade dessas estruturas.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo ao longo dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade baseado no reconhecimento e mapeamento de depósitos sedimentares indicadores de correntes de fundo, de modo a avaliar o papel da Cadeia como barreira para a circulação de fundo no oeste do Oceano Atlântico Sul.

1.4 Hipótese Científica

Os montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade impõem condições hidrodinâmicas que provocam processos sedimentares reconhecíveis nas características geomorfológicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geomorfologia marinha está em constante interação com a hidrodinâmica e os depósitos sedimentares encontrados a serem avaliados como indicadores de presença ou ausência de correntes de fundo são: contornitos, movimento de massa e pelagitos.

2.1 Contornitos

Contornitos são depósitos sedimentares influenciados por processos de circulação de água de fundo, se apresentando como corpos sedimentares anômalos no assoalho oceânico, podendo estar associados à *sediment waves*, canais, *moats* e sulcos, todos formados por correntes de fundo (Faugères et al., 1999; Rebesco et al., 2014). Correntes de fundo referem-se às massas d'água que controlam a deposição de contornitos e, para isso, é preciso que as mesmas interajam com o assoalho oceânico (Rebesco et al., 2008).

A definição de contornito é ampla e abrange diferentes tipos de sedimentos afetados por diferentes tipos de correntes. Atualmente, a definição mais aceita é que contornitos são sedimentos depositados ou influenciados por correntes de fundo, o que pode dificultar a sua identificação devido grande abrangência de seu significado (Stow et al., 2002; Rebesco, 2005; Stow & Faugères, 2008 *apud* Rebesco et al. 2008; Rebesco et al., 2014; Stow & Smillie, 2020).

Tipos de contornitos, quando baseados em sua morfologia, podem ser definidos pela forma de amontoamento de suas camadas e seu alongamento (Rebesco et al., 2014; Fig. 7). Essas diferentes formas de depósitos dependem principalmente da geomorfologia prévia - o que inclui a declividade local, controle por falhas e presença de canais -, velocidade de corrente de fundo e fonte de sedimento.

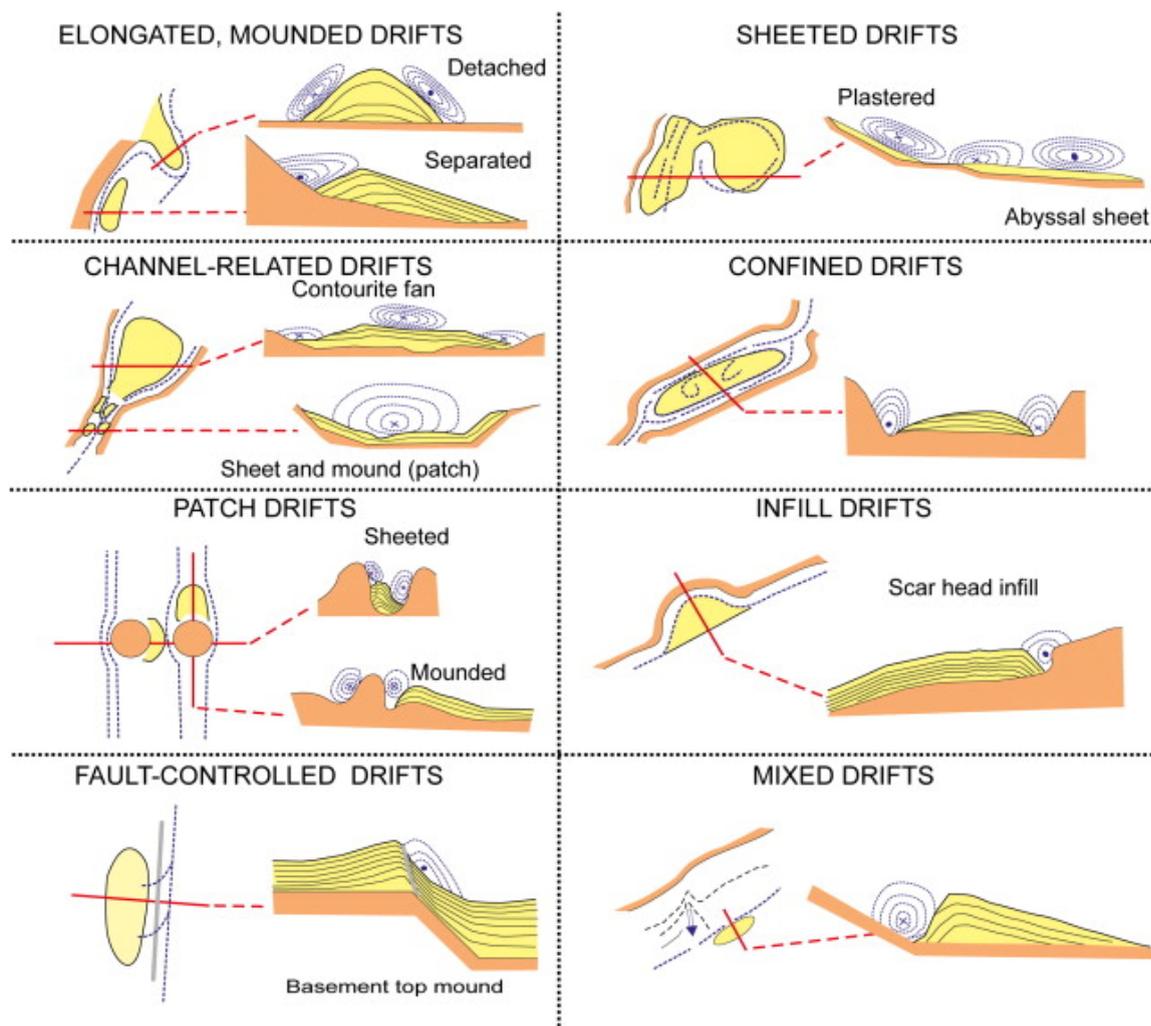


Figura 7: Tipos de contornitos e suas correntes inferidas. Modificado por Rebesco et al. (2014).

Elongated mounded drifts abrangem grandes depósitos contorníticos, geralmente encontrados na base do talude, e são subdivididos em *detached* e *separated drift*. Enquanto o *detached drift* forma um depósito alongado que se desvia de sua origem, os *separated drifts* são formados sobre regiões mais íngremes e têm como característica a presença de um canal causado por não deposição ou erosão provocada pela corrente de fundo (Rebesco et al., 2014; Fig. 7).

Sheeted drifts são depósitos de geometria mais plana e leve afinamento em direção às bordas mais comumente encontrados nas planícies abissais. Por outro lado, os *plastered drifts* têm formato mais amontoado e são encontrados em menores profundidades (Rebesco et al., 2014; Fig. 7).

Channel-related drifts são os depósitos associados a canais onde correntes de fundo se concentram e têm velocidade intensificada (Rebesco et al., 2014; Fig. 7). Já quando são

confinados, os depósitos são chamados *confined drifts* e são caracterizados por *moats* em suas bordas, além de apresentar formato alongado e paralelo à bacia de confinamento (Rebesco et al., 2014; Fig. 7).

Patch drifts se trata de depósitos contorníticos de distribuição aleatória formados pela interação entre correntes de fundo e barreiras topográficas; eles costumam ser menores e de formatos alongados à irregulares (Hernández-Molina et al., 2006 *apud* Rebesco et al., 2014; Fig. 7).

Infill drifts são encontrados em recuos topográficos formados por cicatrizes e possuem formato amontoado de extensão e relevo moderado (Laberg et al., 2001 *apud* Rebesco et al., 2014; Fig. 7)

Fault-controlled drifts são os depósitos cuja formação foi influenciada por falhamentos. Esses depósitos podem ser distribuídos na base ou topo do relevo provocado pela falha, a depender do sistema de correntes de fundo local (Rebesco, 2005 *apud* Rebesco et al., 2014; Fig. 7).

Por fim, os *mixed drifts* abrangem depósitos formados a partir da interação entre corrente de contorno com outros processos deposicionais, formando os depósitos mistos (Rebesco et al., 2014; Fig. 7)

Quanto às feições erosivas de grande escala associadas aos contornitos, pode-se subdividi-las de acordo com sua forma de abrangência espacial: área ou linear. Dentre as feições erosivas que abrangem áreas, os terraços são superfícies amplas e pouco inclinadas ao longo do talude. São formadas tanto por processos erosivos quanto deposicionais e podem estar associados a interfaces de massas d'água (Rebesco et al., 2014). Na mesma categoria estão as *abraded surfaces*, que são superfícies geradas por processos erosivos localizados causados por correntes tabulares que podem estar associadas a *scours*, *sediment waves*, dunas e bancos de areia (Rebesco et al., 2014).

Dentre as feições lineares causadas por processos erosivos estão: canal contornítico, *moat* e vale marginal (Hernández-Molina et al., 2008 e García et al., 2009 *apud* Rebesco et al., 2014; Fig. 8). Os canais contorníticos são feições formadas por processos erosivos causados por correntes de fundo que geram uma depressão entre o depósito contornítico e o talude, sendo caracterizados pela presença de truncamento nas reflexões sísmicas do contornito que está em contato com o canal (Rebesco et al., 2014; Fig. 8). Os *moats* são canais paralelos ao talude e, por sua vez, se originam da não-deposição de sedimentos e

erosão localizada (Rebesco et al., 2014; Fig. 8). Já os vales marginais são canais erosivos e alongados gerados em função da colisão de correntes de fundo com barreiras topográficas (Hernández-Molina et al., 2008 e García et al., 2009 *apud* Rebesco et al., 2014; Fig. 8).

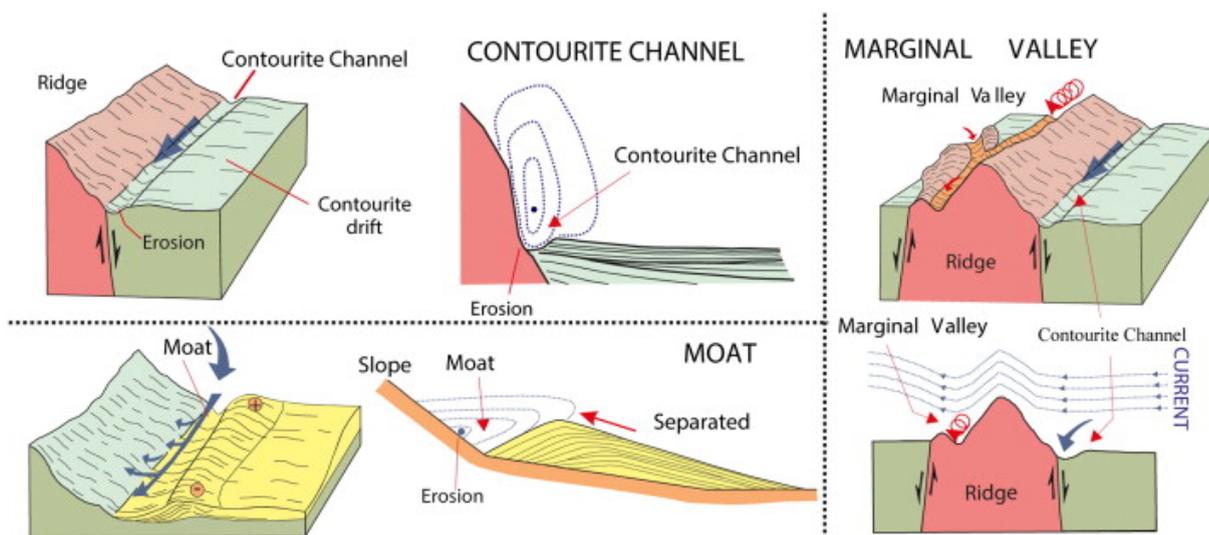


Figura 8: Principais características das feições erosivas lineares que podem estar associadas a contornitos. Modificado por Rebesco et al. (2014).

O primeiro modelo de fácies sedimentares para contornitos sugere um padrão bi-gradacional, onde sua base e topo possuem granulometria mais fina, enquanto sua porção central possui os grãos mais grossos (Gonthier et al., 1984; Faugères et al., 1984 *apud* Rebesco et al., 2014; Fig. 9). Atualmente, diferentes tipos de fácies de contornitos são conhecidas, variando em tamanho e seleção de grãos e composição, e podem ser divididos em contornitos lamosos e arenosos, ambos adotando o padrão bi-gradacional primeiramente proposto (Stow & Smillie, 2020). Além da velocidade das correntes, a existência de fonte de sedimento é determinante para o padrão granulométrico do contornito. Algumas fontes de grãos grossos são: (1) entrada lateral de corrente de turbidez ou (2) depósito vertical de material biogênico em períodos de alta produtividade primária (Stow & Smillie, 2020). Em suas fácies, raramente estruturas sedimentares bem definidas serão encontradas devido à bioturbação e estruturas primárias são mais evidentes em fácies de grãos mais grossos (Stow & Smillie, 2020).

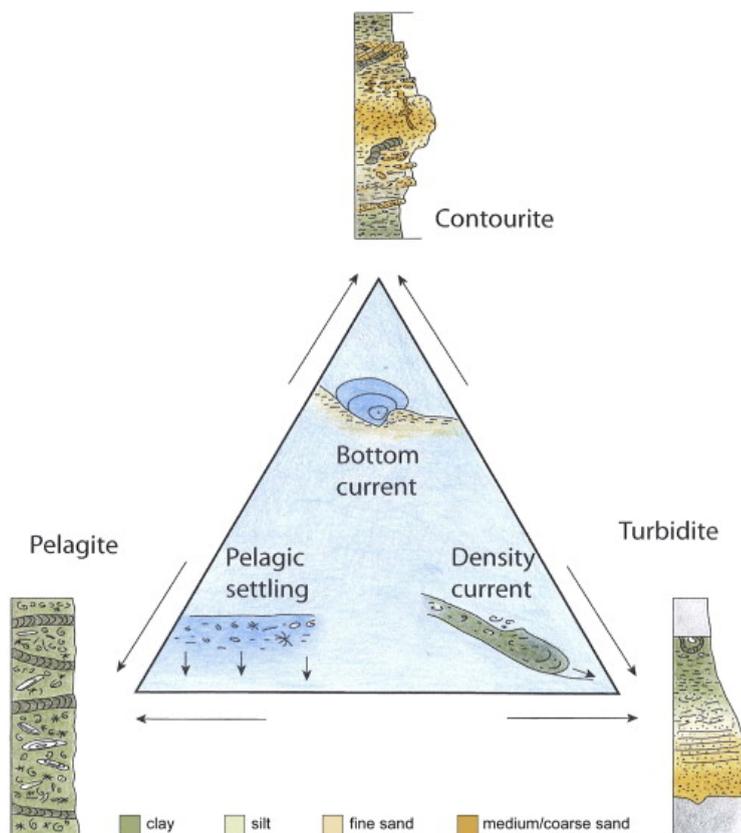


Figura 9: Diagrama conceitual mostrando os três principais processos sedimentares de mar profundo (dentro do triângulo) e os modelos das fácies de seus respectivos produtos deposicionais. Por: Rebesco et al. (2014).

Para a identificação correta de contornitos, recomenda-se a análise de dados de sísmica de reflexão, atentando-se para a arquitetura geral do depósito (geometria bruta e unidades deposicionais em grande escala), arquitetura interna (estrutura e subunidades) e análise de cada subunidade, descrevendo atributos sísmicos e fácies (Nielsen et al. 2008; Rebesco et al. 2008; Fig. 10). A sua identificação e caracterização têm sido usadas em diversos estudos sobre a dinâmica de águas de fundo (Rebesco et al., 1996; Gomes & Viana, 2002; Llave et al., 2007; Hernández-Molina et al., 2010; Rebesco et al., 2013; Gruetzner et al., 2016; Hernández-Molina et al., 2016; Rebesco et al., 2013).

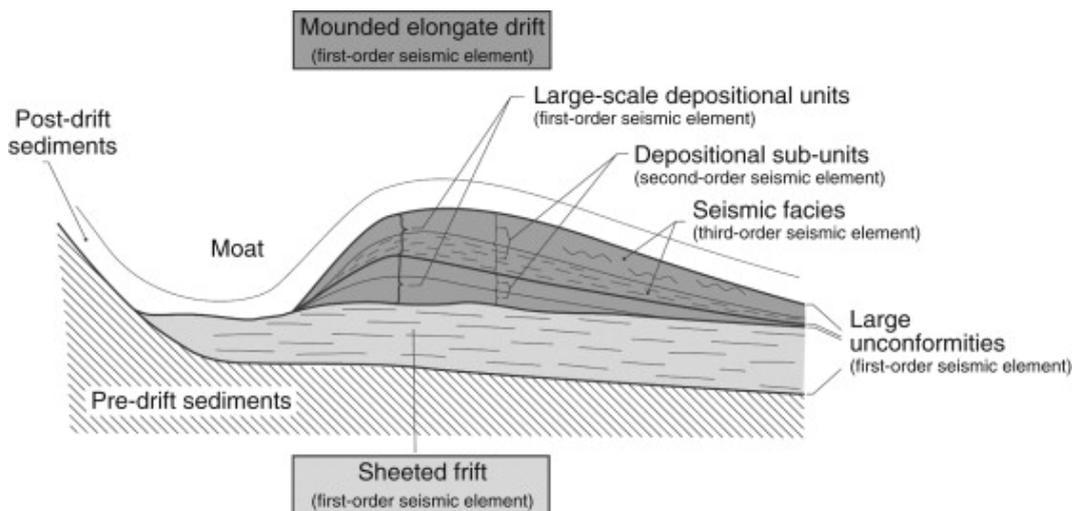


Figura 10: Modelo conceitual das principais características sísmicas de depósitos contorníticos. Modificado por Nielsen et al. (2008).

Howe (2008) reúne em seu trabalho diferentes métodos para o estudo de contornitos em diversas escalas espaciais. Dentre eles, os métodos geofísicos acústicos são apresentados como métodos-chave: batimetria multifeixe, perfilagem sísmica de reflexão e sonar de varredura lateral. Além deles, as informações oceanográficas e análises em amostras de sedimento são importantes dados a serem considerados (Howe, 2008).

Rebesco et al. (2014) apresenta em seu trabalho de revisão um mapa de distribuição mundial de grandes depósitos contorníticos (Fig. 11). Dentre eles, o depósito de Columbia (67; Fig. 11), descrito por Faugères et al. (2002) como resultado da ação de correntes de contorno sobre depósitos turbidíticos, destaca-se na área de estudo do presente trabalho, entre o Canal de Columbia e os montes submarinos da CVT, além do contornito de Santos (68; Fig. 11), ao sul do Banco de Abrolhos.

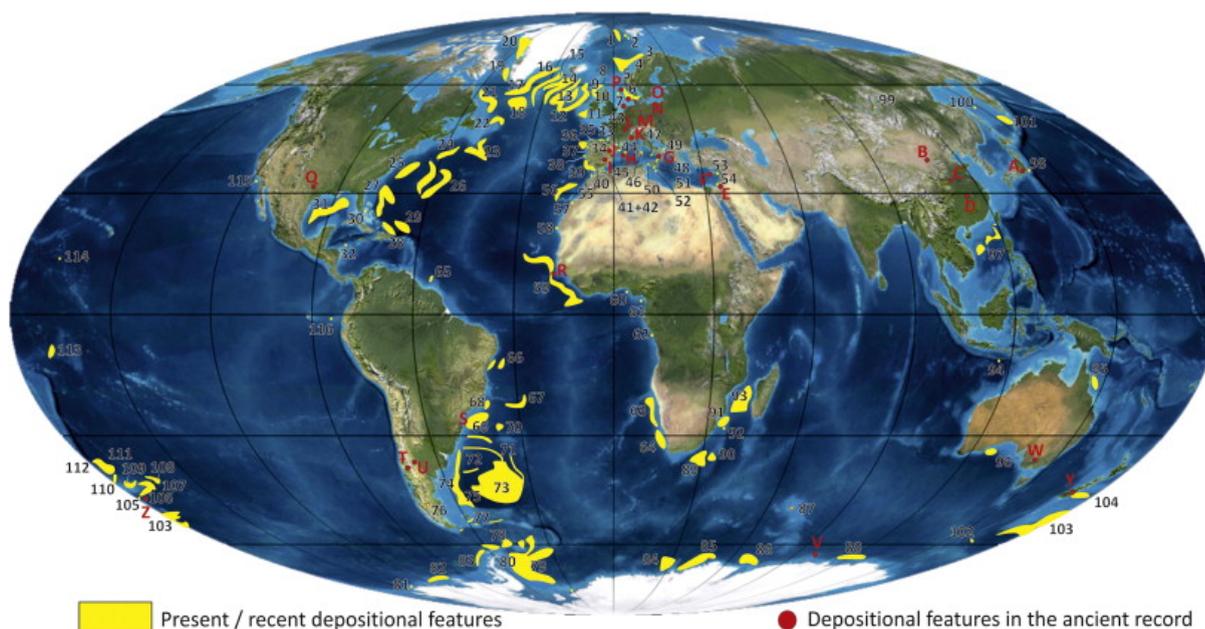


Figura 11: Ocorrência de grandes depósitos contorníticos nas bacias oceânicas (em amarelo). Por: Rebescio et al. (2014).

2.1.1 Sistemas mistos Turbidito-contornito

Processos gravitacionais e correntes de contorno são comuns nos ambientes oceânicos e ambos podem ocorrer em uma mesma região e interagir entre si, gerando os sistemas mistos turbidito-contornito tanto na plataforma continental quanto em ambiente de mar profundo (Mulder et al. 2008). Neste tipo de sistema, diferentes interações podem ocorrer: alternância entre depósitos contorníticos e turbidídicos, redistribuição de depósitos gravitacionais por correntes de contorno ou, ainda, a interação síncrona entre correntes de contorno e turbiditos (Fig. 12; Mulder et al., 2008; Fongnesu et al., 2020). A complexidade da interação turbidito-contornito faz com que seja difícil identificar sistemas desse tipo.

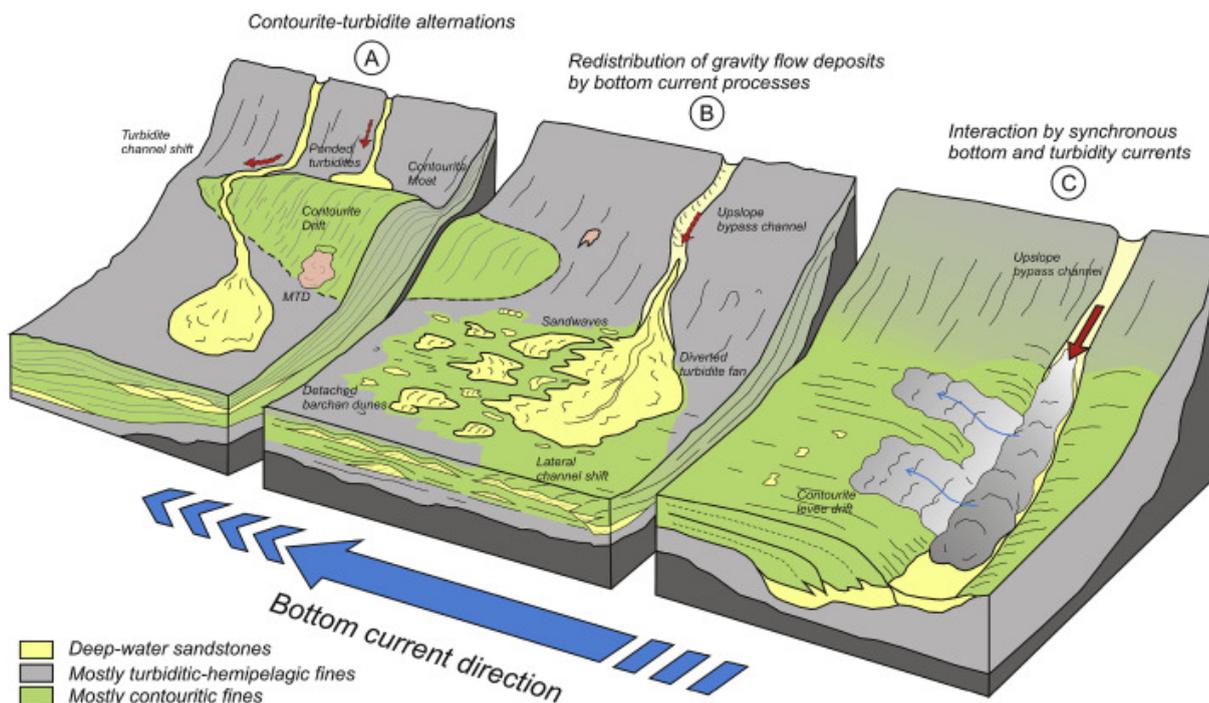


Figura 12: Modelo conceitual dos diferentes tipos interação entre correntes de turbidez e correntes de contorno: (a) Alternações contornito-turbidito, (b) redistribuição de depósitos gravitacionais por correntes de contorno e (c) interação síncrona entre correntes de fundo e de turbidez. Por: Fonnesu et al. (2020).

Em situações de alternância entre contornito e turbidito, essa intercalação estratigráfica pode ser de baixa ou alta frequência (Mulder et al., 2008). Nos cenários de baixa frequência, o contornito se desenvolve sobre uma morfologia previamente turbidítica, ou vice-versa, funcionando como uma herança morfológica. Enquanto na alta frequência de alternância ocorre quando há intercalação entre depósitos contorníticos e de gravidade devido alternância entre os dois processos ao longo do tempo (Mulder et al., 2008).

A redistribuição de depósitos gravitacionais por correntes de contorno, pode ocorrer em situações de alternância de processos ao longo do tempo, mas também quando são processos síncronos. Por outro lado, um processo gravitacional que modifica um depósito contornítico é de difícil identificação devido sua capacidade erosiva (Mulder et al. 2008).

Por fim, processos gravitacionais e correntes de contorno simultâneos podem surgir quando são síncronos e de mesma energia em uma grande área, ou quando ambos processos ocorrem separadamente em áreas adjacentes, promovendo essa interação em sua fronteira, que é o caso do depósito de Columbia, onde um processo se sobrepõe quando o outro perde energia (Faugères et al., 2002; Mulder et al. 2008).

2.2 Transporte de Massa

Movimento de massa trata-se do transporte descendente de sedimentos devido à influência da gravidade. Para que isso ocorra, é necessário um fator desestabilizante que promova a ruptura e posterior deslocamento de sedimento (Shanmugam, 2018). A forma que ocorre esse deslocamento e a morfologia gerada definem os diferentes tipos de movimento de massa, onde os básicos são: *slides*, *topples*, *spreads*, *falls* e *flows* (Locat & Lee, 2002; Fig. 13).

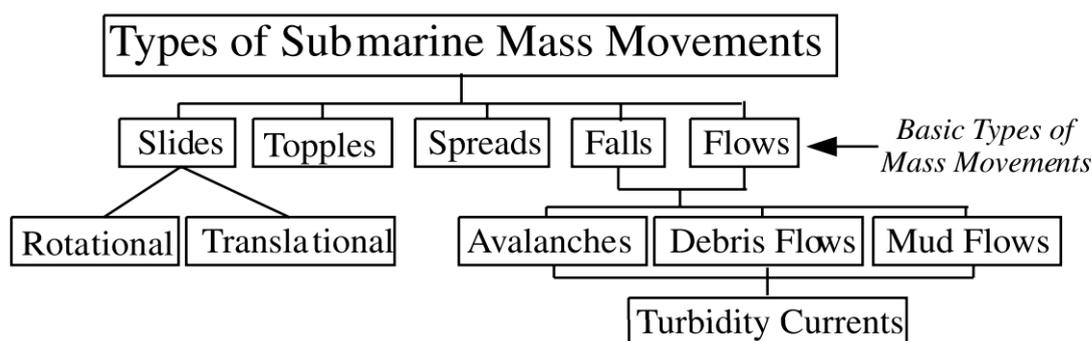


Figura 13: Classificação de movimentos de massa submarinos. Por: Locat & Lee (2002).

No ambiente marinho, o movimento de massa pode ser causado por diversos fatores, dentre eles, escape de gás, diapirismo, ação de ondas, maré, sedimentação, terremotos, erosão, ondas de *tsunami*, mudanças do nível relativo do mar ou ação humana (Locat & Lee, 2002; Shanmugam, 2018), e muitas vezes é ligado a *geohazards* (Chiocci et al., 2011).

No Brasil, o trabalho de Borges et al. (2015) avaliou a estabilidade de taludes submarinos, onde a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa no talude continental e Platô de São Paulo da Bacia de Campos foi estudada com base em ferramentas de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) aplicadas à batimetria e modelos matemáticos. Além deste, o trabalho de Micallef (2011; *apud* Griffiths et al., 2011) também utiliza o método da batimetria multifeixe para a identificação de deslizamentos submarinos. Adicionalmente, observações diretas, cálculos de velocidade indireta, análises de rochas e perfilagem sísmica também são métodos utilizados para o reconhecimento de depósitos formados por transporte de massa (Shanmugam, 2019).

2.2.1 Turbidito

Turbiditos são depósitos sedimentares de águas profundas formados por corrente de turbidez, cuja deposição se dá em camadas alternadas de areia e argila (Berg, 1982; Stow & Smillie, 2020; Walker, 1992). Essa deposição ocorre em profundidades abaixo da base das ondas (Walker, 1992) e sua extensão depende da disponibilidade de sedimentos, com formação que pode levar de milhares a milhões de anos (Berg, 1982).

Sua formação pode estar associada a cânions ou deltas submarinos. Quando originado de um cânion, o turbidito costuma se depositar em um único leque, já os de origem deltaica formam um complexo de leques deposicionais de menor magnitude e tempo de atividade se comparados aos turbiditos associados a cânions (Berg, 1982).

Os turbiditos costumam apresentar fácies sedimentares onde sua base possui material mais grosso, enquanto a granulometria mais fina se deposita posteriormente, quando a corrente de turbidez se torna menos energética, porém, menos de 10% dos turbiditos observados possuem sua sequência completa (Stow & Smillie, 2020; Fig. 8). A diminuição da granulometria também é observada em direção às porções mais distais do depósito. Também é comum o empilhamento vertical de areias nos turbiditos, formando camadas relacionadas ao desenvolvimento do lobo supraleque turbidítico (Fig. 14; R. G. Walker, comun. pessoal, *apud* Berg, 1982).

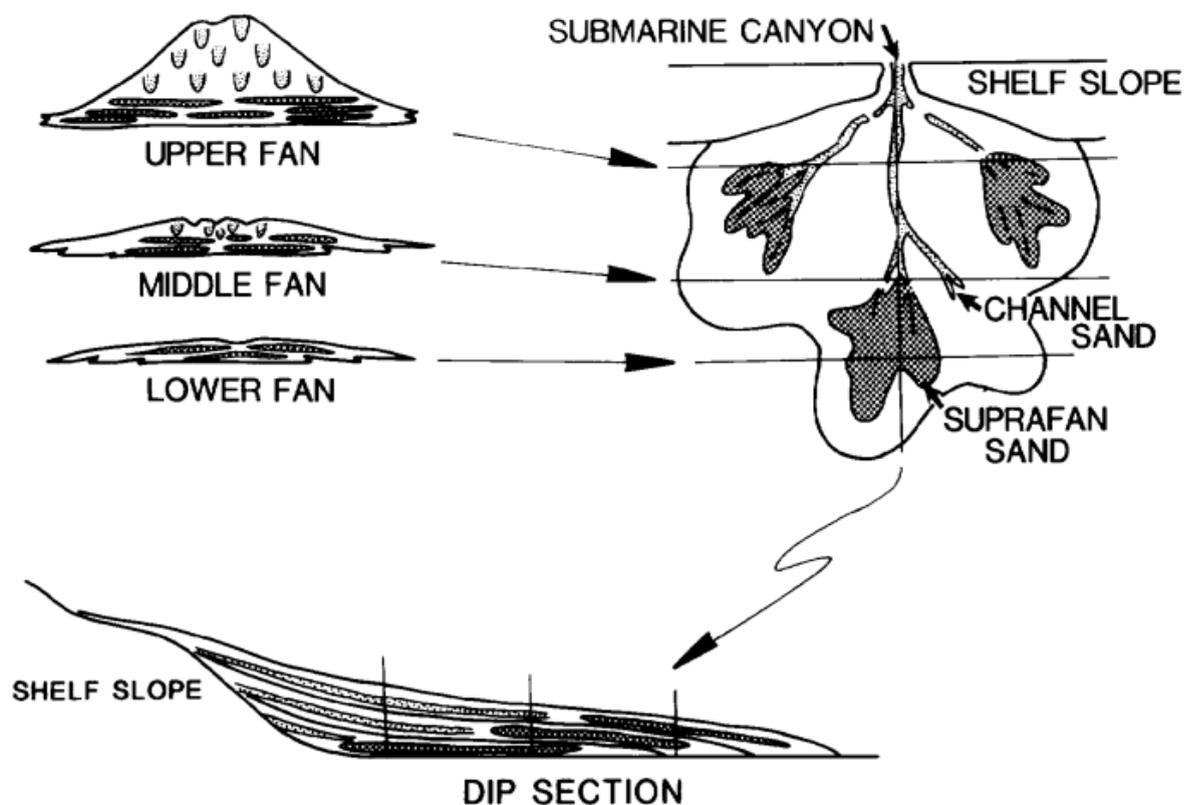


Figura 14: Modelo de leque turbidítico progradante, ilustrando sua estrutura interna. Modificado por Berg (1982).

Cinco principais elementos podem ser reconhecidos em turbiditos tanto antigos quanto modernos: estruturas erosivas, canais, depósitos de transbordamento (*overbank*), lobos deposicionais e transição canal-lobo (Mutti & Normark, 1991).

As estruturas erosivas abrangem falhas de borda de plataforma e de declives, falhas dentro dos turbiditos e cânions. Já os canais turbidíticos podem ser controlados por processos deposicionais ou erosivos e variam em tamanhos e formas (Fig. 15; Mutti & Normark, 1991). Canais maiores e entre diques costumam ser fonte de sedimentos para o sistema e geralmente estão ligados a cânions, enquanto os canais menores e sem diques desenvolvidos funcionam como distributários (Normark, 1978 *apud* Mutti & Normark, 1991). Os canais modernos costumam ter base preenchida por materiais grossos (Figs. 15 e 16) e, quando se trata de paleocanais, o seu preenchimento se dá em sucessões estratigráficas complexas com diversos períodos de erosão e deposição ao longo de sua evolução (Mutti & Normark, 1991).

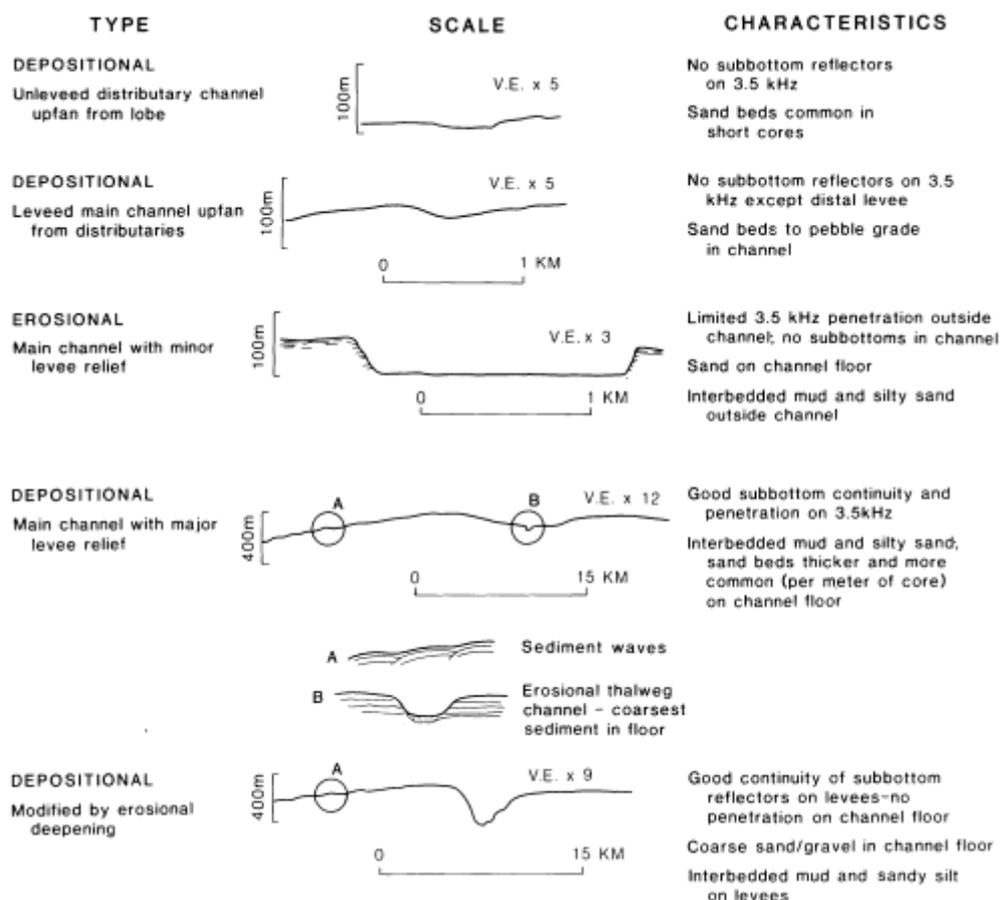


Figura 15: Comparação de escalas de canais turbidíticos modernos e suas origens deposicionais ou erosivas. Por Mutti & Normark (1987).

Depósitos de transbordamento são adjacentes ao canal turbidítico, podendo ser extensos, e são geralmente compostos por granulometria fina. Esses depósitos podem ser subdivididos em dique (*levee*) e sua porção mais distal, de relevo menos evidente. A presença de *sediment waves* neste tipo de estrutura pode indicar interação com correntes de fundo (Mutti & Normark, 1991).

Os lobos turbidíticos são estruturas formadas a partir de deposição de material arenoso que, nos turbiditos modernos, descem a encosta do canal principal, que geralmente é desnivelado e, em sistemas antigos, formam camadas grosseiramente tabulares de 3 à 10 m de espessura, podendo, ainda, passar por sucessões verticais de até centenas de metros. A gradação vertical também pode ser encontrada nessas estruturas, indicando correntes de turbidez mais longas (Fig. 16; Mutti & Normark, 1991).

Em turbiditos, as transições canal-lobo são caracterizadas pela presença de arenitos lavados e amalgamados, e presença de seixos, estratificação cruzada de arenitos grossos,

clastos de lamito desagregado, além de evidências de erosão (*scour*) e depósitos *cut-and-fill* (Fig. 16; Mutti & Normark, 1991).

	CHANNELS	TRANSITION	LOBES
MORPHOLOGIC EXPRESSION	1 a 1 b	ROUGHNESS 1 c	LOBE 1 d
BEDDING PATTERN (Outcrop scale)	2 a 2 b	2 c	2 d
DEPOSITIONAL FEATURES	3 a 3 b 3 c	3 d 3 e	3 f
EROSIONAL FEATURES and OUT-SIZE MUDSTONE CLAST	4 a 4 b	4 c 4 d	4 e 4 f
CHAOTIC UNIT	5 a	5 b	
OTHER FEATURES	SHALLOW WATER TRACE FOSSILS LOCALLY COMMON	COMPENSATION CYCLES	

Figura 16: Principais características dos canais, transições canal-lobo e lobos turbidíticos. 1a, canal erosivo; 1b, canal deposicional; 1c, zona de rugosidade; 1d, relevo do depósito de lobo; 2a, camadas truncadas contra a margem do canal; 2b, convergência das camadas nas extremidades do canal; 2c, camadas irregulares causadas por *scours*; 2d, padrão de camadas paralelas; 3a, conglomerados de clastos; 3b, conglomerados lamosos; 3c, camadas finas de depósitos *overbank*; 3d,3e, fácies de arenito grosso com estratificação interna; 3f, seqüência de Bouma completo e de base faltante; 4a, *scours* profundos e estreitos associados a clastos rochosos; 4b, clastos de lamito blindados; 4c, *scours* preenchidos por lama; 4d, *scours* localmente associados a clastos de lamito; 4e, *scours* tabulares associados a clastos de lamito do substrato adjacente; 4f, clastos de lamito, geralmente com gradação inversa; 5a, unidades de deslizamento; 5b, estruturas de impacto. Por Mutti & Normark (1987).

2.3 Pelagito

Pelagito e/ou hemipelagito é definido como sedimento depositado predominantemente por sedimentação pelágica, que se dá de forma vertical ao longo da coluna de água (Stow, 1985; Fig. 8). O pelagito é composto por sedimento terrígeno transportado a grandes distâncias da costa e material biogênico gerado pela produção-primária - carapaças siliciclásticas ou calcáreas (Stow, 1985). Já os hemipelagitos são sedimentos de granulação fina, típicos na plataforma externa e talude (Stow & Smillie, 2020) que ocorre quando há uma sobreposição de mecanismos pelágicos e turbidíticos, formando depósitos compostos por

5-10% de material biogênico primário e mais de 40% de material terrígeno na granulometria silte (Stow, 1985; Stow & Smillie, 2020).

Hemipelagitos costumam apresentar estratificação pouco definida ou nula, sem estruturas sedimentares primárias, com contatos gradativos entre camadas e presença de bioturbação. Além disso, sua sedimentação se dá de forma contínua - sem hiatos - em taxas abaixo de 10 cm a cada mil anos e sua distribuição se dá de forma uniforme, sem indicadores de correntes (Stow, 1985). Portanto, neste trabalho, será um importante indicador da ausência de correntes de fundo e/ou de turbidez intensas.

Em suma, os principais fatores de controle das fácies de pelagitos e hemipelagitos são: produtividade primária, profundidade de compensação do carbonato, nível do mar, mudanças climáticas, aporte de material terrígeno e formação de materiais autigênicos (Stow, 1985).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para mapear a geomorfologia da Cadeia Vitória-Trindade, foram utilizados os dados batimétricos e sísmicos coletados pelo Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC), cujo objetivo é estender a área de soberania para exploração e aproveitamento de recursos naturais do solo e subsolo marinho brasileiro além do limite jurídico, de 200 milhas (SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR, 2019).

3.1 Batimetria

Os dados batimétricos fornecidos foram coletados e processados pela Marinha do Brasil durante a segunda fase do projeto LEPLAC, com um ecobatímetro multifeixe da marca Kongsberg-Simrad, modelo EM122 (Fig. 17).

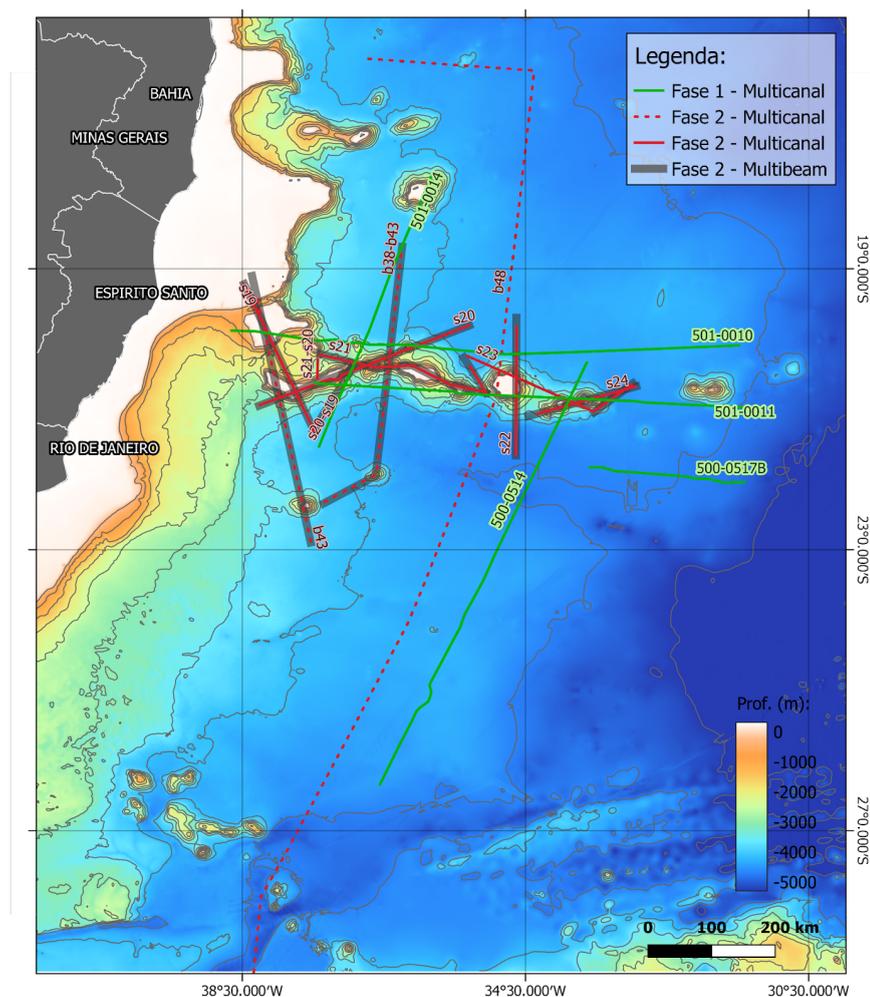


Figura 17: Linhas de aquisições batimétricas e sísmicas do LEPLAC na região da Cadeia Vitória-Trindade. Dados batimétricos de fundo fornecidos por *The GEBCO Grid*.

O funcionamento do ecobatímetro se baseia na emissão e recepção de pulsos sonoros (*pings*) que são refletidos pelo fundo (eco). O tempo de propagação entre a emissão e recepção da onda acústica após sua reflexão, juntamente com o perfil vertical da velocidade do som na água, realizado durante a aquisição, podem ser convertidos no valor de distância do fundo (L-3 Communications SeaBeam Instruments, 2000; Equação 1):

$$\text{distância} = (1/2) * \text{velocidade do som}_{\text{água}} * \text{tempo}_{\text{recepção do eco}} \quad (1)$$

Os pulsos sonoros da aquisição batimétrica são gerados por um projetor acoplado ao transdutor, com alta precisão para sequências de emissões repetidas, de forma controlável e que mantenha as características dos pulsos (L-3 Communications SeaBeam Instruments, 2000).

O ecobatímetro multifeixe possui múltiplos feixes de emissão, formando linhas de sequências de pontos perpendiculares ao trajeto da embarcação (FLANDERS MARINE INSTITUTE, n.d.), também chamadas *swath*, permitindo uma varredura do fundo e cobertura de extensas áreas com alta precisão. Durante a coleta, é recomendada pela Marinha do Brasil a superposição de 100% das linhas de *swath* para que seja possível um processamento correto dos dados (CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA, n.d.).

A velocidade do som ao longo da coluna d'água é adquirida através de um perfilador de velocidade do som. Esse equipamento pode funcionar a partir da emissão de sinais acústicos para um receptor a uma distância conhecida. Outra forma de obter a velocidade do som na água é de forma indireta, através da medição das propriedades da água que são responsáveis pela alteração da velocidade do som, como: salinidade, temperatura e variáveis de pressão.

Essencialmente, equipamentos para geolocalização devem acompanhar todo levantamento hidrográfico, podendo ser GNSS (*Global Navigation Satellite System*), DGNSS (*Differential Global Navigation Satellite System*) ou RTK (*Real Time Kinematic*). O GNSS é um sistema global de navegação que funciona através da triangulação da posição do receptor medida por, pelo menos, três satélites, enquanto o DGNSS possui adicionalmente uma base de coordenadas conhecidas em terra para aumentar a precisão de localização. Dentre os diversos sistemas GNSS existentes, o GPS (*Global Positioning System*) é o mais conhecido. Já o RTK tem funcionamento baseado em sinais de rádio que, apesar de possuir maior precisão, não alcança grandes distâncias da costa.

O movimento da embarcação durante a aquisição batimétrica pode gerar deslocamento

dos dados quando comparados com a configuração real do fundo marinho. Os principais movimentos conhecidos são: *pitch*, *roll*, *yaw* e *heave*. Para corrigi-los, é necessária a instalação de um sensor de movimento idealmente no centro de massa da embarcação, que registra os ângulos correspondentes ao movimento da mesma. Além do sensor, a realização do *patch test* é essencial para a correção de *pitch*, *roll* e *yaw*. O teste baseia-se na realização de linhas de aquisição batimétrica paralelas em diferentes condições - fundo plano ou com obstáculo e em sentidos iguais ou opostos, a depender do movimento a ser avaliado -, para que, através de *software*, seja feita a calibração dos movimentos (Brennan, 2017). Os ângulos gerados no *patch test* podem ser inseridos no *software* para correção automática durante a aquisição dos dados ou posteriormente, durante o processamento.

Dentre suas diversas funções, o multifeixe é utilizado na pesquisa acadêmica, manutenção de portos e cabos submarinos, aplicação em engenharia costeira, elaboração de cartas náuticas, localização de naufrágios, habitats, biomassa na coluna d'água e, ainda, dar suporte à identificação de *geohazards*, como os deslizamentos submarinos estudados no trabalho de Micallef (2011; *apud* Griffiths et al., 2011).

Neste trabalho, a batimetria serviu principalmente para o mapeamento dos escorregamentos, que foi feito com o auxílio de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Como no trabalho de Borges et al. (2015), foram gerados mapas batimétricos com relevo sombreado e mapas de declividade com ferramentas disponíveis no *software* Quantum GIS (QGIS v3.10.1 com GRASS v7.8.1). Ainda no QGIS, foi feita análise de reconhecimento de feições para destacar os canais presentes nas regiões de escorregamento. Para isso, o dado batimétrico foi inserido na função *r.param.scale* (associado ao GRASS), utilizando 11 células e “feature” como parâmetro morfométrico. A exibição foi restrita aos canais identificados e comparada com os dados originais.

3.2 Sísmica

Os dados de sísmica de reflexão bi-dimensional, também coletados e processados pelo LEPLAC, foram adquiridos durante as fases I e II do projeto. Em ambas as fases, a perfilação sísmica foi realizada com equipamento multicanal, e mini-air-gun como fonte de pulsos (Fig. 17; Tab. 1).

Tabela 1: Informações sobre os dados sísmicos fornecidos pelo LEPLAC utilizados no trabalho.

Fase - LEPLAC	Equipamento	Linhas (nome original)	Abreviação
I	Multicanal - Mini-air-gun	500-0514	500-0514
		500-0517B	500-0517B
		501-0010	501-0010
		501-0011	501-0011
		501-0014	501-0014
II	Multicanal - Mini-air-gun	B38_1-B43_5_seq65	b38_b43
		B43_seq56	b43
		Forta-B48_seq266	b48
		S19_1_seq333	s19
		S20_seq317	s20
		S20-S19_1_seq332	s20-s19
		S21_2_seq327	s21
		S21_2-S20_seq328	s21-s20
		S22_1_seq320	s22
		S23_1_seq325	s23
		S23_1-S21_2_seq326	s23-s21
		S24_seq323	s24
		S24-S23_1_seq324	s24-s23

A perfilagem sísmica é um método baseado em pulsos sonoros emitidos por uma fonte em baixa frequência (em comparação com métodos batimétricos) capaz de atravessar as camadas de sedimento e identificar superfícies de diferentes impedâncias acústicas em subsuperfície.

Impedância acústica (Z) é definida pela razão entre a pressão acústica da onda (p) e a velocidade da partícula (u) nesta onda, podendo também ser calculada como o produto entre a velocidade de propagação do som (v) no material estudado e a densidade do mesmo (ρ ; Equação 2; Regtien & Dertien, 2018).

$$Z = \frac{p}{u} = \sqrt{\rho \cdot c} = \rho \cdot v \quad (2)$$

onde c é o módulo de elasticidade do material. Desta forma, a impedância acústica diz respeito à transferência de energia acústica entre dois meios (Regtien & Dertien, 2018).

Após emitido, o sinal acústico atravessa a coluna d'água e camadas sedimentares, sendo parcialmente refletido de volta quando encontra interfaces de materiais com diferentes impedâncias acústicas (Regtien & Dertien, 2018). O sinal refletido é captado por hidrofones, que registram a energia sísmica e tempo entre a emissão e retorno do sinal acústico. Quando o sistema é composto por múltiplos hidrofones, é chamado multicanal. O sistema multicanal implica em melhor relação sinal-ruído e imageamento de estruturas complexas, já que cada

pulso refletido é recebido por hidrofones em diferentes posições, gerando múltiplos registros de um mesmo ponto e aumentando a confiança de interpretação das seções sísmicas. Por outro lado, um sistema desse tipo exige processamento robusto, o que impacta diretamente no tempo e custo (Bellefleur et al., 2006).

A resolução vertical e a profundidade de penetração de uma aquisição sísmica dependem da frequência de sinal acústico aplicado pela fonte. Quanto maior a frequência, maior a resolução obtida, em contraponto, alta frequência implica em maior atenuação do sinal, reduzindo sua capacidade de penetração (Stoker et al., 1997). O uso simultâneo de equipamentos de diferentes características de emissão de pulsos acústicos pode gerar uma combinação de altas resolução e penetração, ideal para estudos que exigem tanto o reconhecimento de arquitetura de fácies rasas quanto estruturas profundas (Josenhans, 1997).

A sísmica de reflexão é um importante método de aplicação tanto acadêmica quanto no mercado de exploração de recursos naturais. Como exemplo, esse método acústico é aplicável no reconhecimento de contornos atuais e antigos, permitindo elucidar mudanças na circulação oceânica ao longo do tempo (Tagliaro et al., 2021a).

No presente trabalho, as linhas sísmicas de orientação aproximadamente perpendicular à CVT (500-0514, 501-0514, b38-b43, b43, b48, s19 e s22) foram interpretadas e apresentadas nos resultados do trabalho, enquanto as demais foram utilizadas para orientar a interpretação da distribuição espacial dos depósitos encontrados e estão disponíveis no **APÊNDICE A**. O *software* OpendTect v6.6 foi utilizado para a visualização dos dados, enquanto as imagens de interpretação foram geradas no Inkscape v1.1.

Por fim, para a interpretação do transporte de massas d'água na área de estudo, foi analisada a distribuição espacial de contornos, escorregamentos e pelagitos encontrados em conjunto com a interpretação da AFA por Faugères et al. (2002) e estudo de medição direta dos trajetos da AFA e APAN por Hogg & Owens (1999) ao norte e sul da CVT.

3.2.1 Interpretação Sísmica

A análise tradicional de fácies sísmicas abrange os parâmetros de amplitude, frequência, continuidade e configuração de reflexão de seções sísmicas (Sangree & Widmier, 1979; Stoker et al., 1997; Xu & Haq, 2022). Esses parâmetros indicam características geológicas como processos deposicionais, erosão, contrastes de densidade e presença de fluidos (Sangree & Widmier, 1979) e, podem resultar em mapas de distribuição, estudos de

paleo-correntes e reconhecimento do fácies sedimentares (Xu & Haq, 2022). Para sua interpretação, saber a posição e geometria externa da feição estudada é fundamental (Xu & Haq, 2022).

Fácies sísmicas podem ser de alta ou baixa amplitude de sinal, com alta ou baixa frequência estratigráfica e de características contínuas ou descontínuas. A amplitude de sinal diz respeito ao contraste de impedância acústica entre os estratos - quanto maior a diferença de impedância, maior a amplitude -, enquanto a frequência estratigráfica está relacionada com sua espessura (Sangree & Widmier, 1979; Stoker et al., 1997). Já a continuidade descreve o comportamento das superfícies dos estratos e é um importante indicador do ambiente de deposição: enquanto fácies contínuas indicam ambientes tranquilos, as descontínuas indicam depósitos de alta energia (Stoker et al., 1997).

Quanto às configurações internas de reflexão, as fácies podem ser classificadas como *reflection-free*, caóticas ou estratificadas (Fig. 18; Sangree & Widmier, 1979). Fácies de *reflection-free* não apresentam padrão bem definido e são associadas ao embasamento acústico, enquanto as de configurações caóticas apresentam padrão descontínuo discordante, interpretadas como ambiente de deposição de alta energia e variabilidade ou, ainda, disruptura pós-deposicional (Fig. 18; Sangree & Widmier, 1979). Por fim, as configurações estratificadas podem ser do tipo simples - subdividida em paralela e divergente - ou complexa - que abrange os tipos sigmoide e oblíqua (Fig. 18; Sangree & Widmier, 1979). Mitchel et al. (1977 *apud* Xu & Haq, 2022) também incluem as formas subparalela, ondulada e *hummocky* e, recentemente, os autores Xu & Haq (2022), adicionaram três novas classes de configurações internas, sendo elas: estratiforme, granular e convergente (Fig. 19).

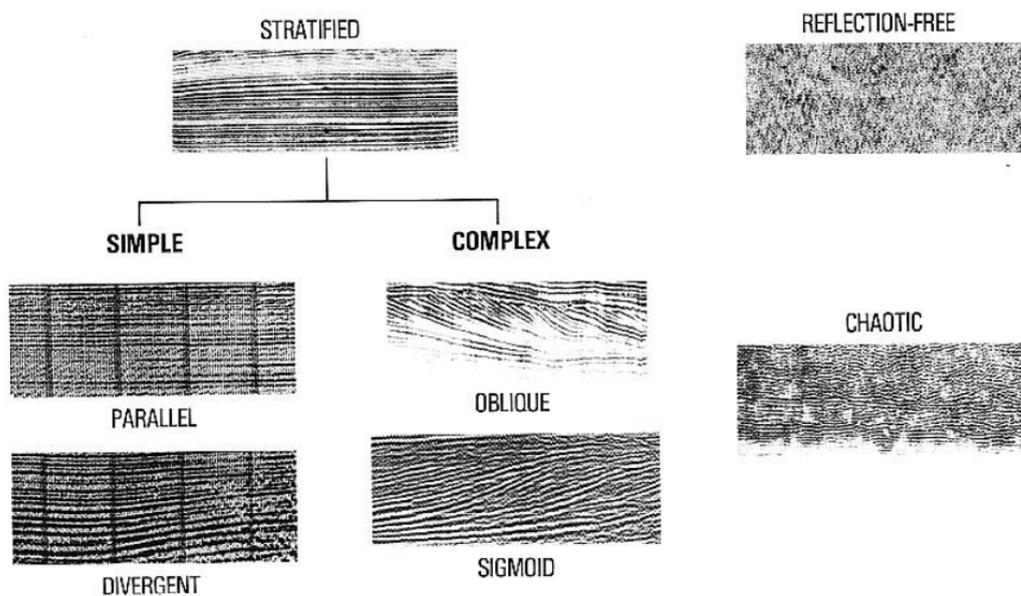


Figura 18: Configurações de reflexão. Por Sangree & Widmier (1979).

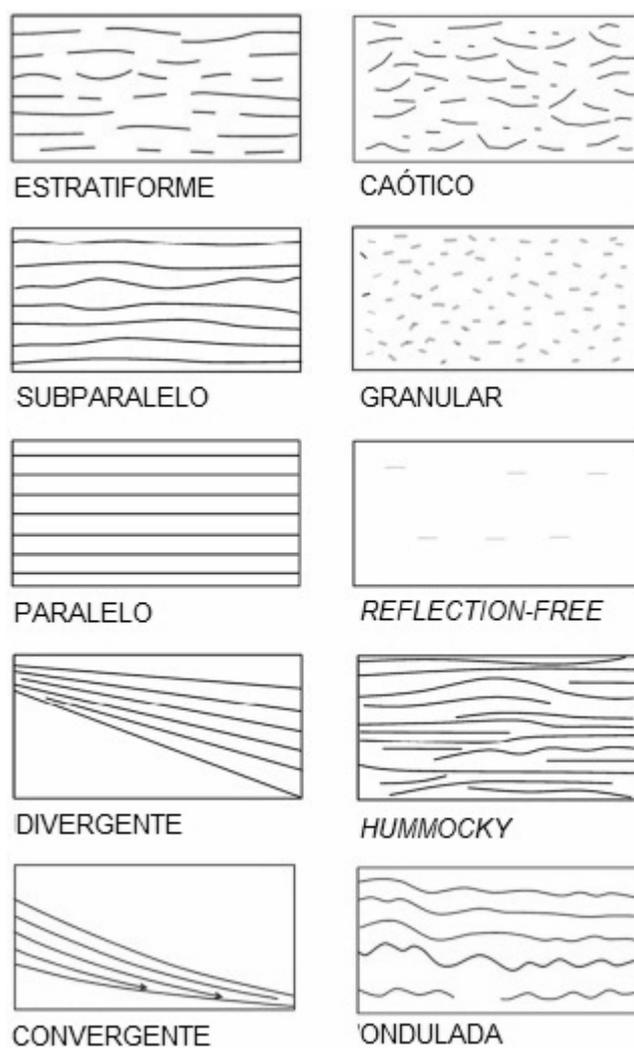


Figura 19: Padrões de arquitetura interna da sísmica de reflexão. Modificado de Xu & Haq (2022).

Fácies dos tipos simples paralela e subparalela podem indicar deposição em taxas uniformes sobre uma superfície estável ou em subsidência uniforme (Figs. 18 e 19; Sangree & Widmier, 1979; Stoker et al., 1997), mas, de forma geral, estão relacionados a ambientes deposicionais estáveis, de baixa erosão. Configurações internas subparalelas podem ser encontradas em canais, diques e *overbank* de turbiditos e leques submarinos (Walker, 1992), além de contornitos, que também podem apresentar configurações onduladas ou *reflection-free* (Nielsen et al., 2008). O tipo simples divergente está relacionado à variação na distribuição espacial de deposição, inclinação progressiva da superfície de deposição, ou ambos os fatores. Já os tipos complexos sigmóide e oblíquo se originam da formação de superfícies progradacionais preferencialmente formados nas plataformas continentais (Fig 18; Sangree & Widmier, 1979). Por sua vez, configurações internas do tipo *hummocky* estão geralmente associados com depósitos de de massa (Walker, 1992) e pacotes de areias em ambiente marinho raso sob efeito de tempestades (Walker & Plint, 1992).

A configuração granular possui uma aparência granulada e pode representar calcários de águas rasas, conglomerados maciços ou rochas vulcânicas intrusivas. O tipo estratiforme é uma mistura dos tipos granular e subparalelo. Por sua vez, o tipo de configuração convergente foi adicionado aos padrões de arquitetura interna por ter significado geológico diferente do divergente. Enquanto o tipo divergente atribui o espessamento dos estratos ao aumento do espaço de acomodação, o convergente associa o afinamento dos estratos em direção à bacia devido diminuição de fornecimento de sedimentos (Xu & Haq, 2022).

Outro fator descritivo de dados sísmicos é a análise das terminações dos refletores sísmicos. Nos limites superiores das reflexões pode-se encontrar truncamento erosivo, *toplap*, ou terminação concordante (Fig. 20). Enquanto na borda inferior os tipos de terminações são *onlap*, *downlap* ou concordante (Fig. 20). Essas terminações são resultantes de mudanças locais na fonte de sedimentos ou no ambiente deposicional e podem estar relacionadas às variações relativas do nível do mar (Sangree & Widmier, 1979; Vail et al., 1977).

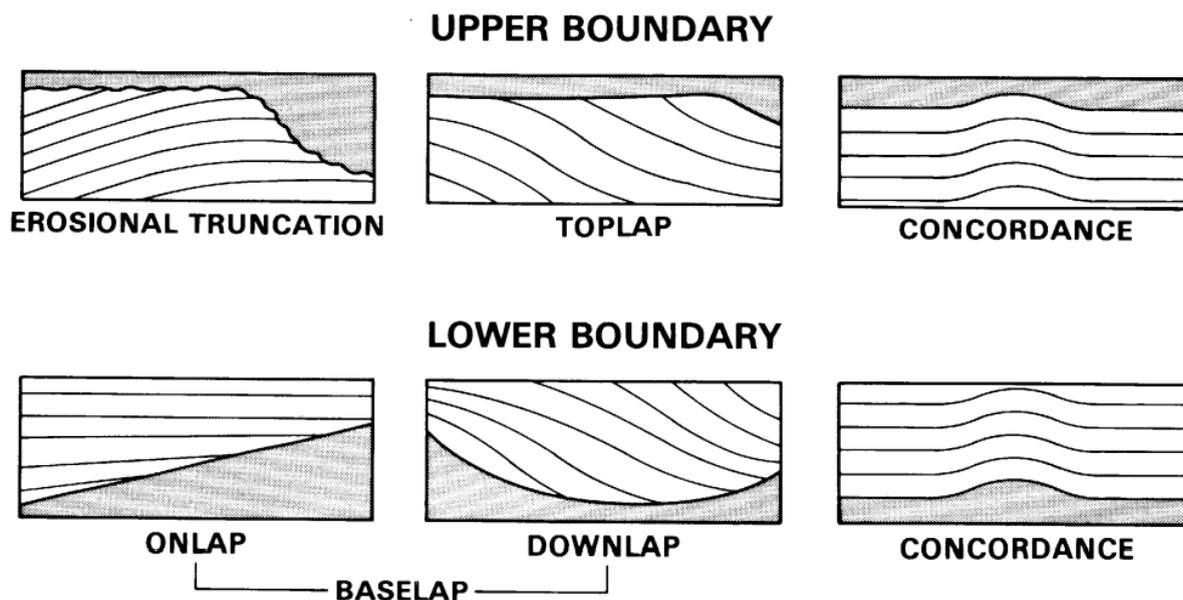


Figura 20: Tipos de terminações de refletores das unidades sísmicas. Por Sangree & Widmier (1979).

Os principais tipos de terminações de refletores para determinar variações no nível relativo do mar (n.r.m.) são: *onlap* e *toplap* (Vail et al., 1977). Segundo conceitos da estratigrafia de seqüências, *onlap*, quando em direção ao continente, é um indicador de aumento do n.r.m. Durante períodos estáticos do n.r.m., quando há aporte sedimentar suficiente, espera-se encontrar terminações do tipo *toplap*, porém, se a condição estática ocorre logo após um período onde o aumento do n.r.m. foi mais rápido que a taxa de deposição, novamente a terminação característica será o *onlap*, formado por depósitos predominantemente marinhos. O *onlap* pode ainda indicar períodos de diminuição do n.r.m. quando a sua superfície inicial de deposição avança para baixo e em direção ao mar (Vail et al., 1977). *Downlap*, por sua vez, ocorre quando há aporte sedimentar crescente e o espaço de acomodação permite o seu avanço, enquanto o truncamento é a terminação lateral de um estrato causado por processos erosivos.

4 RESULTADOS

4.1 Batimetria

A análise batimétrica dos dados disponibilizados pelo LEPLAC revelaram canais e estruturas circulares positivas próximas aos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade. Por serem perpendiculares ao talude dos montes, a presença desses canais foi atribuída a depósitos de massa, dados por transporte *down-slope*, enquanto as estruturas circulares são de provável origem vulcânica.

Ao norte da Cadeia, entre os montes de Vitória e Besnard, canais perpendiculares ao talude foram encontrados, com extensões entre 4 e 8 km (Figs. 21a e 21b). Já na porção Norte entre os montes Montague e Jaseur (Fig. 21c) e nas áreas próximas ao monte submarino localizado à Leste (Fig. 21d) não há canais evidentes. Por fim, mais ao leste da CVT, ao norte do monte Davis (Fig. 21e), além de canais com cerca de 6 km de extensão, foram encontradas estruturas circulares positivas de diâmetros entre 800 e 1900 m.

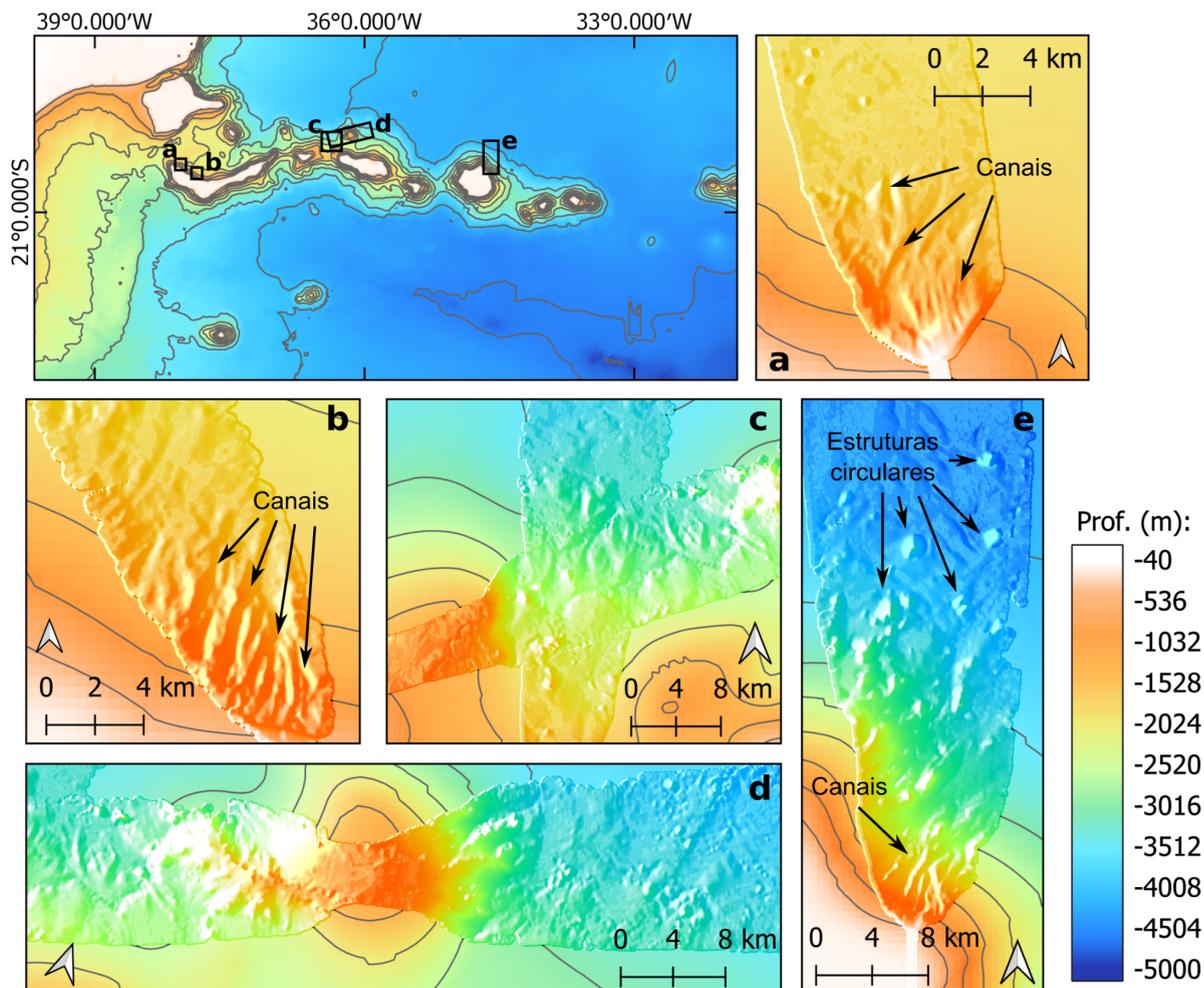


Figura 21: Detalhes dos canais de transporte de massa e estruturas circulares positivas nos dados batimétricos do LEPLAC sobrepondo os dados do *The GEBCO Grid* ao norte dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade.

Ao sul da CVT, os dados batimétricos mostraram canais mais extensos comparados à porção Norte. Mais próximo à costa, canais de extensão entre 10 e 33 km estão dispostos ao sul do monte Vitória (Figs. 22a e 22b), perpendiculares ao talude. Ao sul da porção oeste do monte Vitória (Fig. 22c), os canais excedem a área coberta pela batimetria e possuem, pelo menos, 16 km de extensão e estruturas circulares positivas também são encontradas. Entre os montes Montague e Jaseur (Fig. 22d), encontra-se um fundo acidentado e canais com cerca de 12 km direcionados ao sul. Já ao sul do monte Davis (Fig. 22e), os canais podem ultrapassar 20 km de extensão.

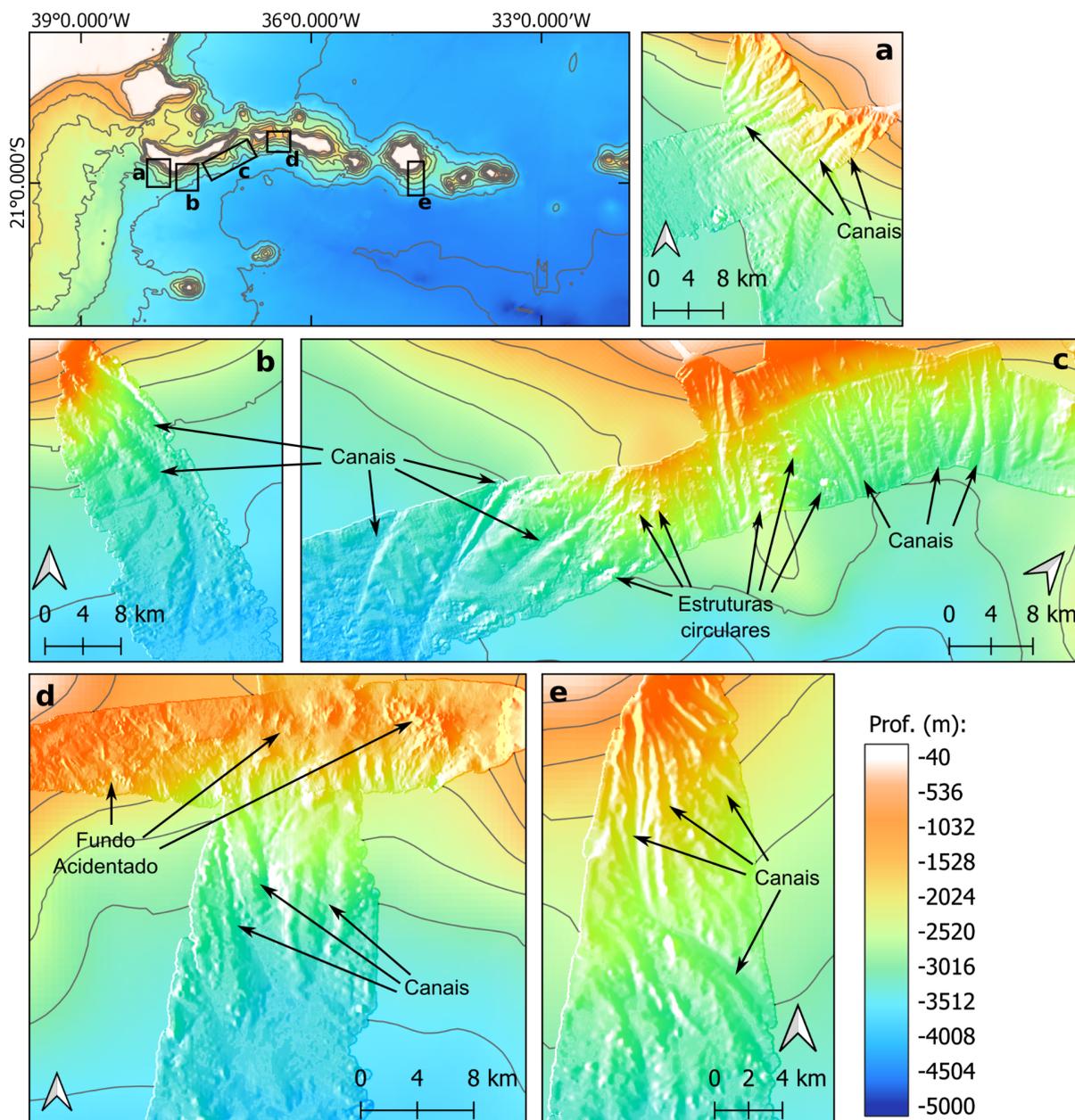


Figura 22: Detalhes dos canais de transporte de massa e estruturas circulares positivas nos dados batimétricos do LEPLAC sobrepondo os dados do *The GEBCO Grid* ao sul dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade.

Entre os montes submarinos da CVT estruturas circulares positivas foram predominantes. Nas regiões onde a batimetria foi adquirida, as estruturas foram encontradas entre os montes Jaseur e Columbia (990 - 1720 m de diâmetro; Fig. 23a) e entre Columbia e Davis (400 - 2280 m de diâmetro; Fig. 23b). Nos montes de Dogaressa, as mesmas estão localizadas tanto nas bordas quanto entre seus montes (740 - 2000 m de diâmetro; Figs. 23c, 23d e 23e), além de poucos canais direcionados para sul (6,5 km de extensão; Fig. 23c). Ao

sul, mais afastado da CVT, o monte Almirante Saldanha (Fig. 23f) apresenta canais que podem chegar a 20 km de comprimento direcionados a norte e estruturas circulares positivas em menor quantidade e diâmetro (900 - 1200 m) tanto ao norte quanto ao sul. Por fim, o monte São Tomé (Fig. 23g), também localizado ao sul dos montes da CVT, apresentou batimetria complexa com presença de estruturas circulares positivas (1400 - 2300 m de diâmetro).

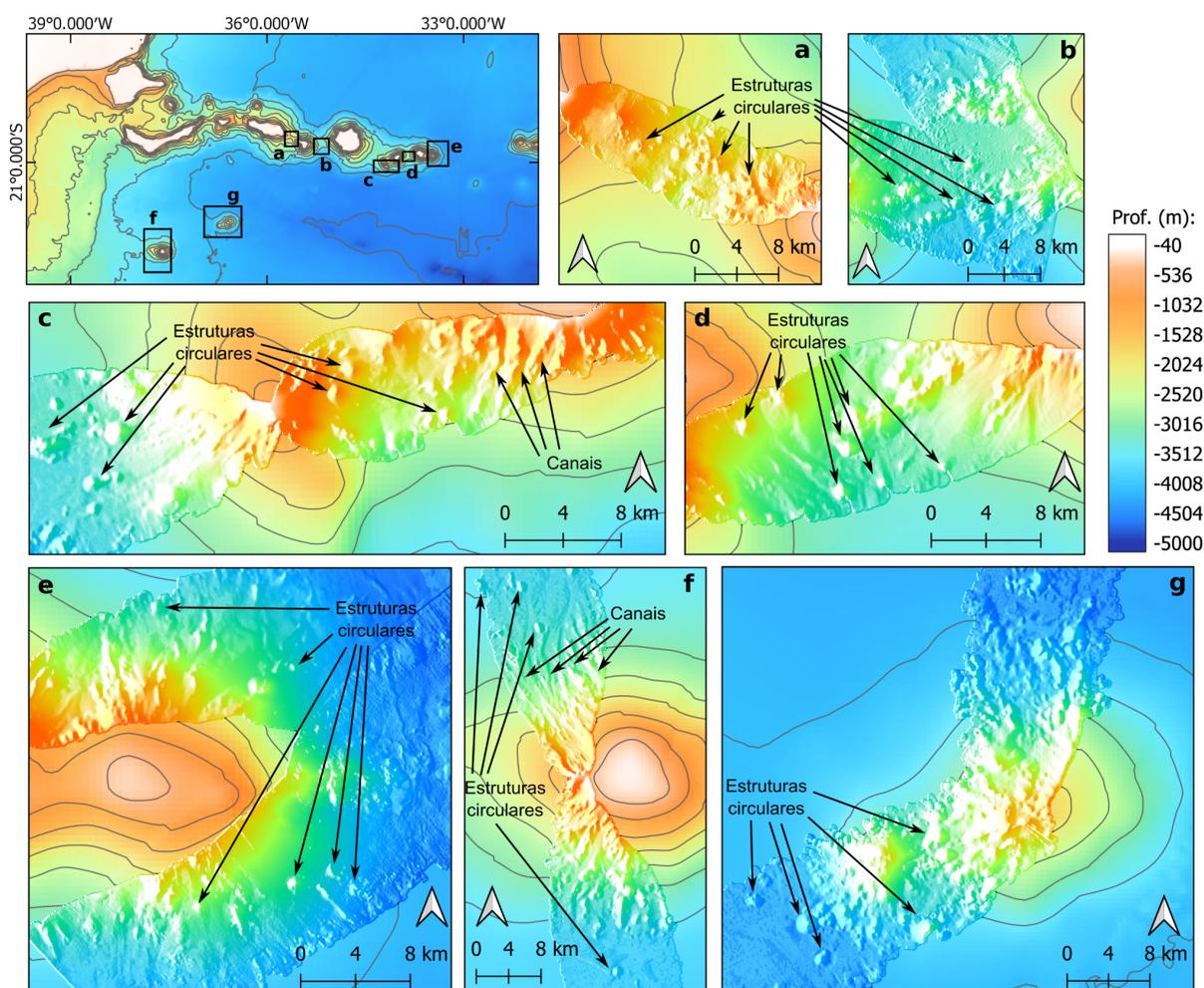


Figura 23: Detalhes dos canais de transporte de massa e estruturas circulares positivas nos dados batimétricos do LEPLAC sobrepondo os dados do *The GEBCO Grid* entre os montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade e nos montes Almirante Saldanha e São Tomé.

A elaboração da superfície de declividade realçou as feições circulares positivas ao longo de toda a CVT (Figs. 24 ao 26). Ao norte dos montes da CVT, essas estruturas aparecem em maior quantidade nas porções mais a leste (Fig. 24e). Ao sul, as estruturas aparecem em menor quantidade e diâmetro (Fig. 25), sendo mais frequente na porção sudeste

do monte Vitória (Fig. 25c). Por fim, as estruturas circulares foram novamente ressaltadas entre os montes submarinos e nos montes Almirante Saldanha e São Tomé (Fig. 26). Através dos mapas de declividade, nota-se a diferença na distribuição de estruturas circulares entre as porções ao norte e sul do monte Almirante Saldanha (Fig. 26f), sendo mais numerosas na porção sul.

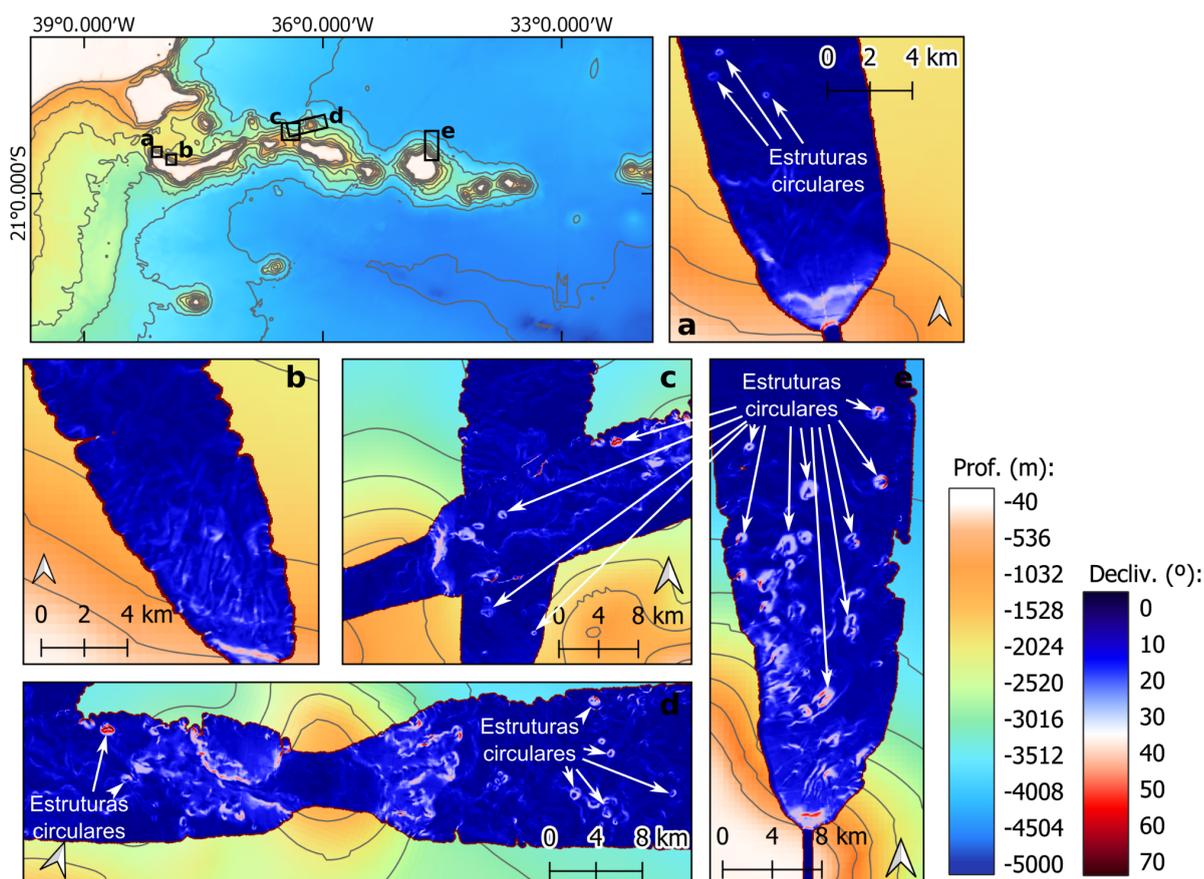


Figura 24: Feições circulares positivas destacadas nos mapas de declividade sobrepondo os dados do *The GEBCO Grid* no Monte Submarino de Vitória (VTR), Banco de Congress (CGB) e Monte Submarino de Montague (MTG).

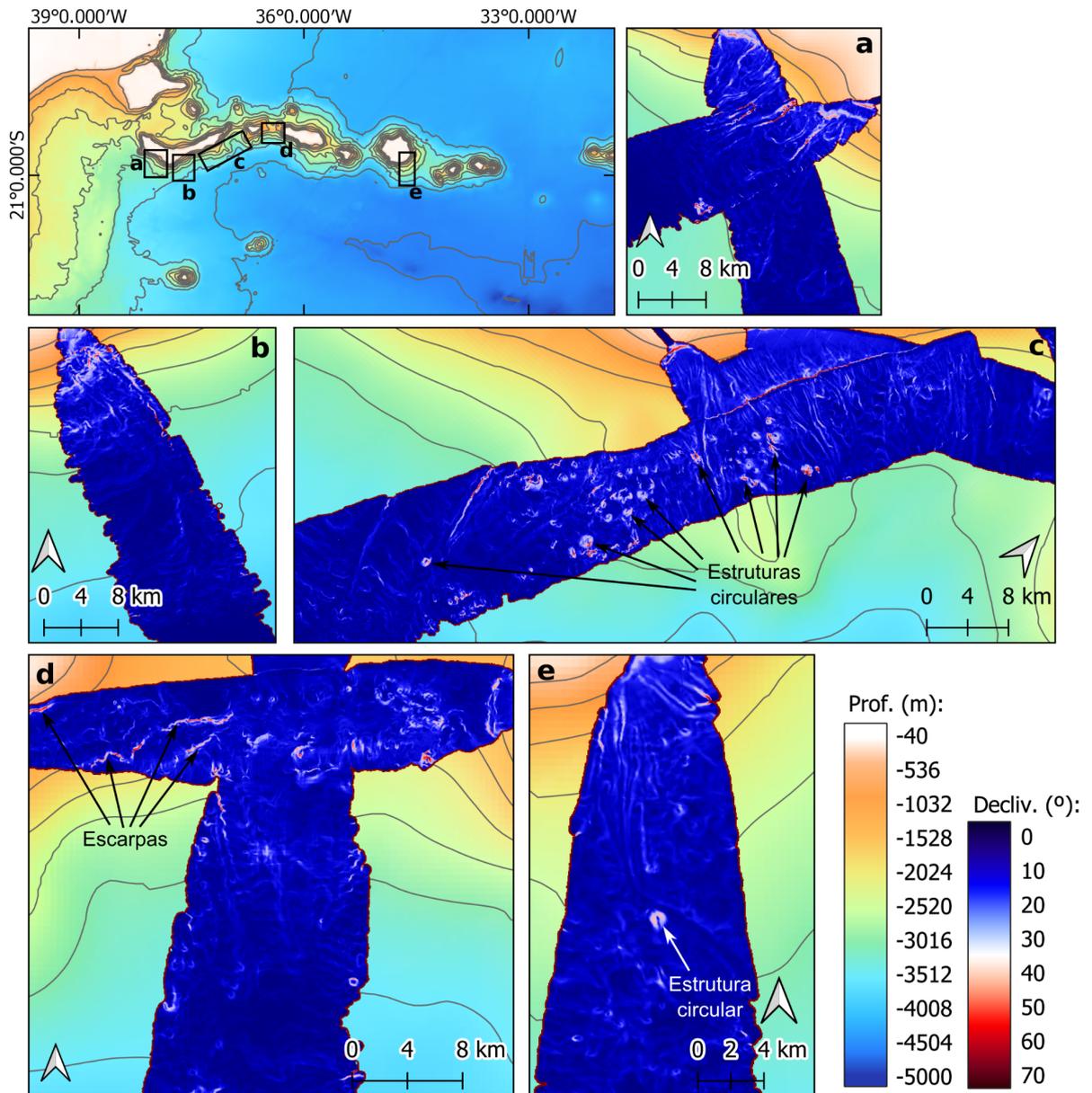


Figura 25: Feições circulares positivas destacadas nos mapas de declividade sobrepondo os dados do *The GEBCO Grid* próximo aos Montes Submarinos de Montague (MTG) e Jaseur (JSR).

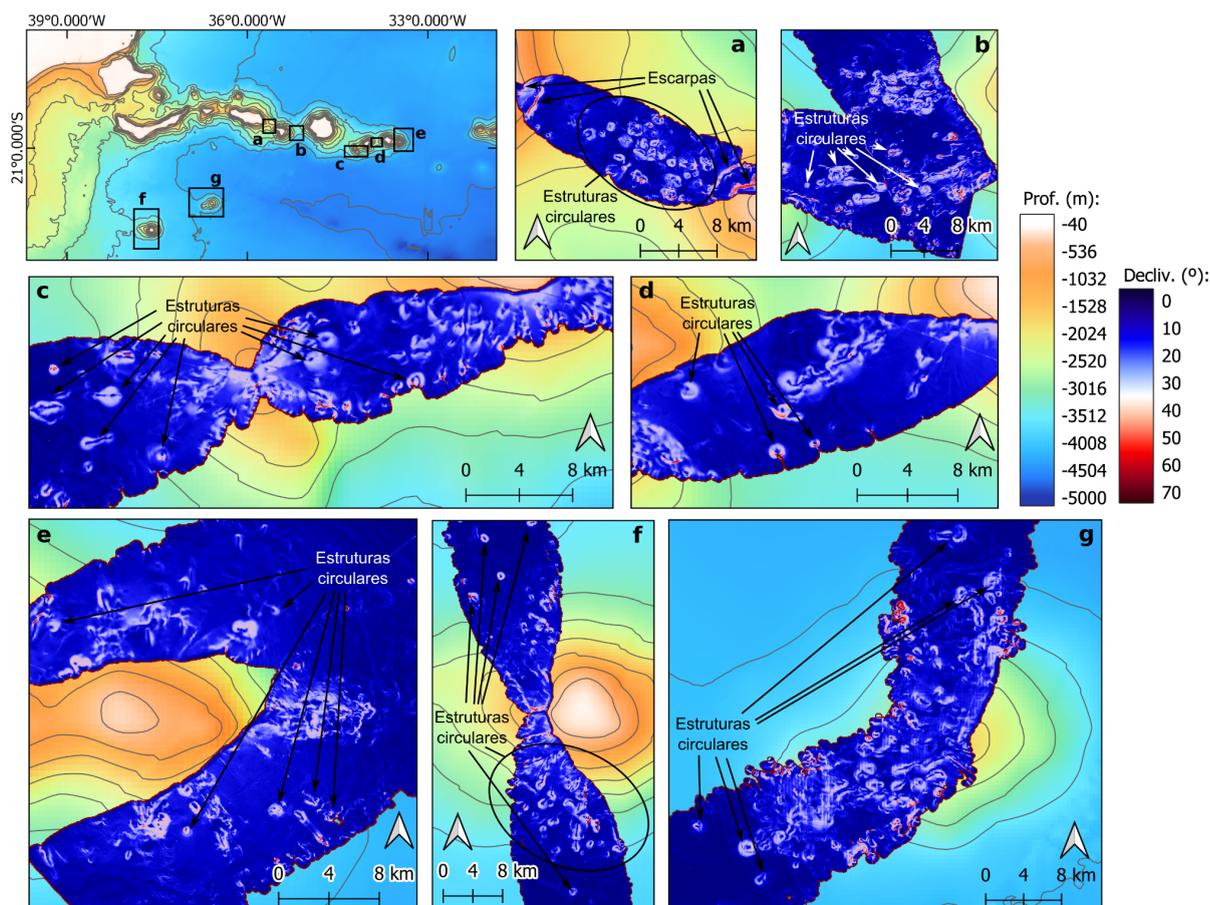


Figura 26: Feições circulares positivas destacadas nos mapas de declividade sobrepondo os dados do *The GEBCO Grid* nos Bancos de Columbia (CLB) e Davis (DVS).

A ferramenta de reconhecimento de geomorfologia destacou as diferenças entre os canais perpendiculares ao longo da CVT (Fig. 27 ao 29). Além da maior extensão dos canais ao sul (Fig. 28) quando comparados com a porção norte (Fig. 27), estes também possuem maior quantidade de ramificações. A ferramenta ainda revelou a presença de canais entre os montes submarinos da CVT, restritos aos taludes (Fig. 29).

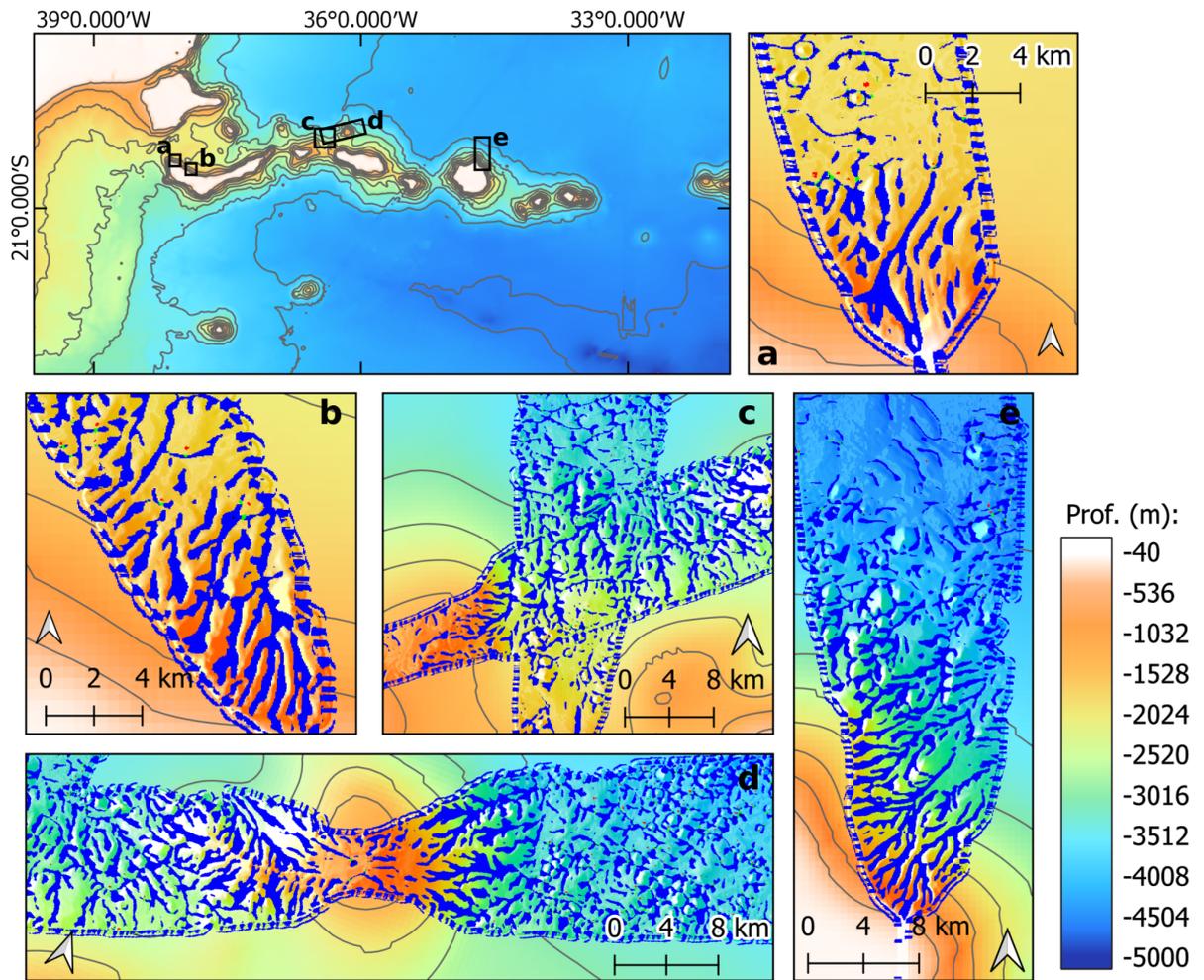


Figura 27: Canais de transporte de massa (em azul) da região sobrepondo os dados batimétricos do LEPLAC e dados do *The GEBCO Grid* no Monte Submarino de Vitória (VTR), Banco de Congress (CGB) e Monte Submarino de Montague (MTG).

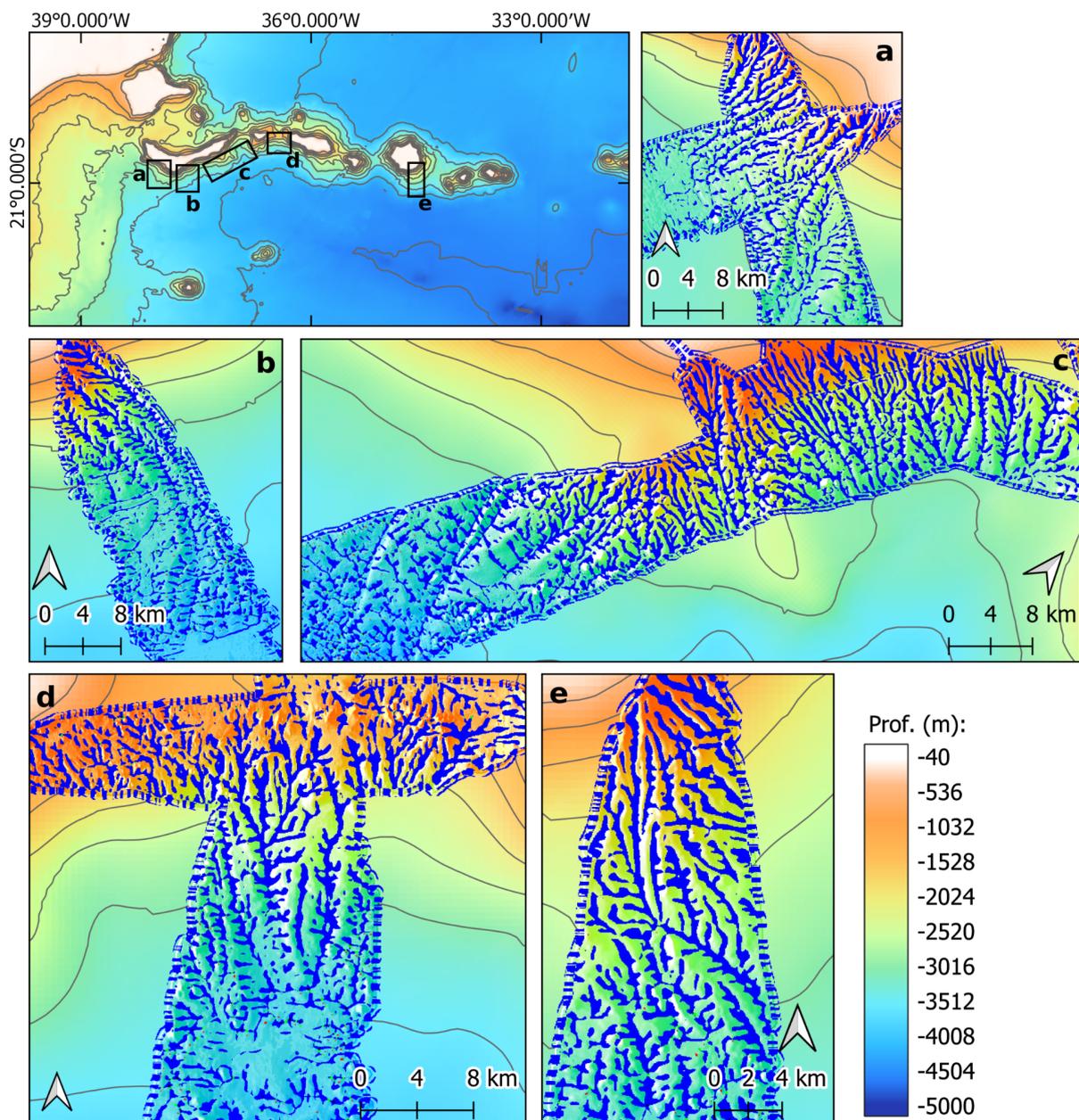


Figura 28: Canais de transporte de massa (em azul) da região sobrepondo os dados batimétricos do LEPLAC e dados do *The GEBCO Grid* próximos aos Montes Submarinos de Montague (MTG) e Jaseur (JSR).

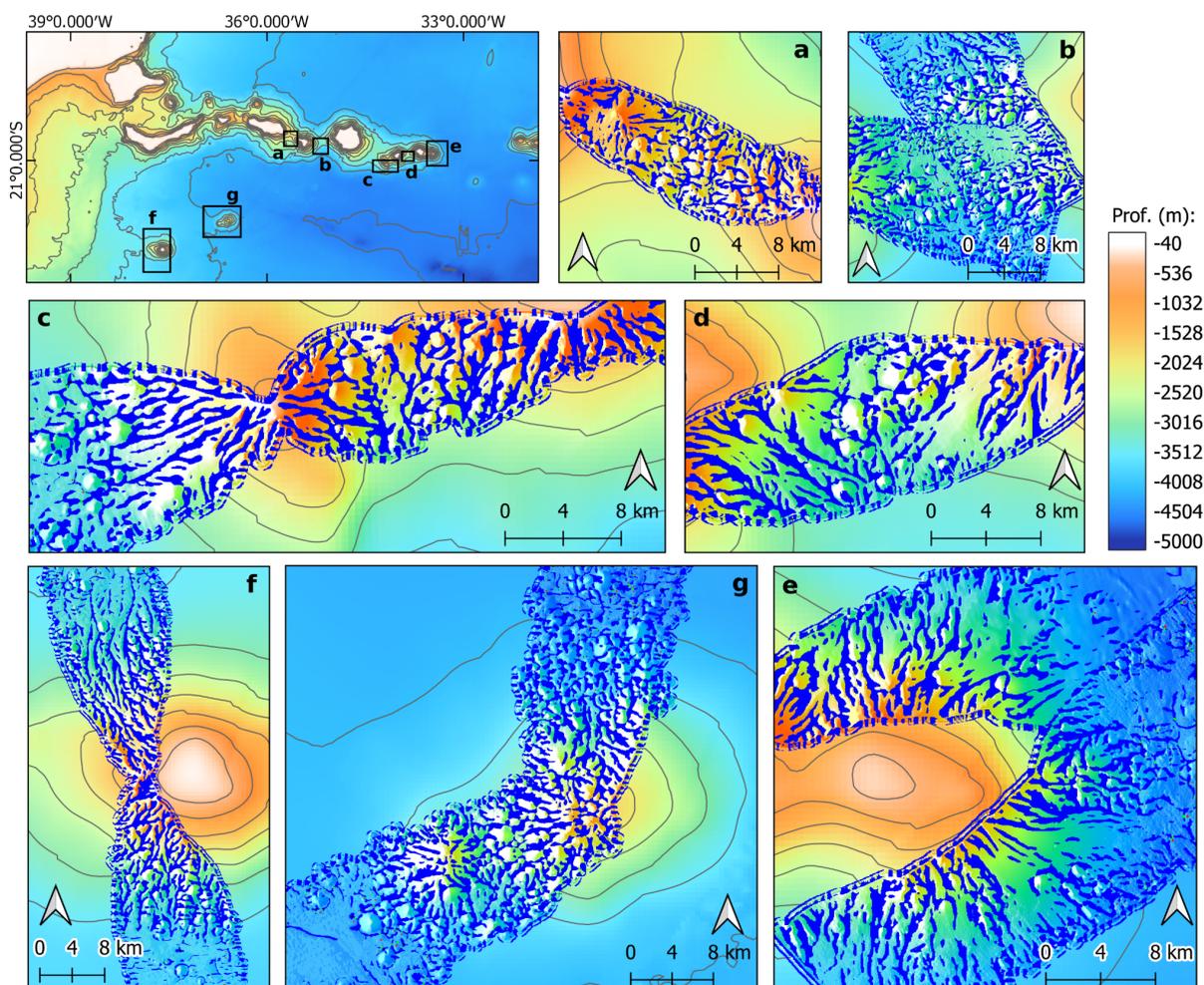


Figura 29: Canais de transporte de massa (em azul) da região sobrepondo os dados batimétricos do LEPLAC e dados do *The GEBCO Grid* nos Bancos de Columbia (CLB) e Davis (DVS).

4.2 Sísmica

As diferentes fácies sísmicas identificadas são descritas na Figura 30. Os dados sísmicos da CVT revelaram reflexões paralelas (Fig. 30a) e semi-paralelas contínuas (Figs. 30b e 30c) atribuídas, respectivamente, a pelagitos e contornitos. Já as características de descontinuidade e reflexão ondulada ou caótica estavam relacionadas ao transporte de massa (Figs. 30e e 30f). Ainda, depósitos mistos foram identificados a partir de fácies sísmicas de reflexão interna de baixa amplitude com sinal contínuo e ruidoso, que intercalam com camadas finas de maior amplitude moldadas por correntes de fundo (Figs. 30g e 30h). De forma geral, sinais de maior amplitude foram encontrados principalmente em camadas mais próximas ao substrato marinho e relacionados a pelagitos ou ação de correntes de fundo. A análise das fácies sísmicas em conjunto com a morfologia das superfícies limites de suas unidades foram utilizadas para interpretar os sistemas deposicionais relacionados.

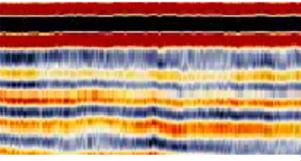
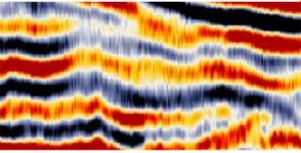
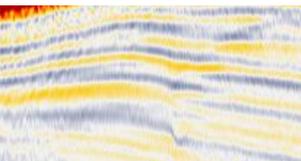
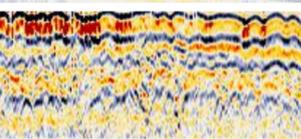
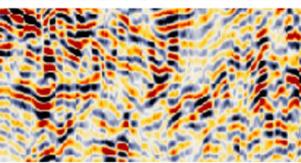
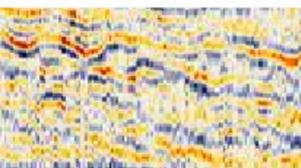
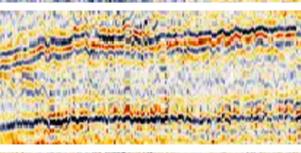
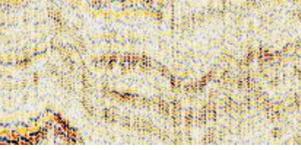
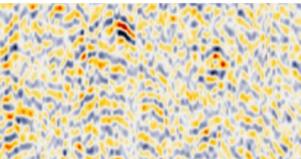
Fácies Sísmicas	Características de reflexão	Interpretação
a 	- Estratificação simples paralela - Contínuo - Alta amplitude de sinal	Pelagito
b 	- Reflexões semi-paralelas - Contínuo - Alta amplitude de sinal	Contornito
c 	- Reflexões semi-paralelas - Contínuo - Baixa amplitude de sinal	
d 	- Reflexões onduladas paralelas - Contínuo - Alta amplitude de sinal	<i>Sediment waves</i>
e 	- Reflexões caóticas - Descontínuo - Alta amplitude de sinal	Transporte de massa
f 	- Reflexões onduladas semi-paralelas - Descontínuo - Baixa amplitude de sinal	
g 	- Reflexões semi-paralelas - Contínuo e ruidoso - Baixa amplitude de sinal interno	Sistema misto contornito-turbidito
h 	- Reflexões onduladas semi-paralelas - Contínuo e ruidoso - Baixa amplitude de sinal	
i 	- <i>Reflection-free</i>	

Figura 30: Fácies sísmicas encontradas e suas respectivas características de reflexão e interpretação.

Ao norte da área de estudo, próximo ao Monte Hotspur (HTS), foi encontrado um depósito montiforme interpretado como contornito (Fig. 31) formado sobre um *flexural bulge* do HTS. Este contornito possui fácies de reflexões superficiais paralelas, mudando para semi-paralelas na porção interna do depósito (Fig. 31c). Ele apresenta alta amplitude do sinal

acústico, com base em *onlap* e superfície com camadas concordantes (Fig. 31c). Desde o sul do contornito até o Monte de Montague (MTG) o depósito encontrado foi interpretado como pelagito, também com reflexões de alta amplitude, contínuas e camadas internas planas e paralelas (Fig. 31a e 31b).

Já na Cadeia Vitória-Trindade, a comparação entre as porções norte e sul são propiciadas pelas linhas sísmicas perpendiculares à sequência de montes submarinos (Fig. 17). Nas linhas b43 e s19 (Figs. 32 e 33, respectivamente), observam-se escorregamentos ao sul do Monte Submarino de Vitória (VTR), marcados pelas fácies internas de menor amplitude de sinal e reflexões onduladas semi-paralelas descontínuas (Figs. 32b, 32c, 33b e 33d). O depósito de massa mostrado na linha sísmica b43 deposita-se em dois blocos sobre uma superfície que se inicia na borda do talude do monte e se estende à planície. Sua superfície possui maior amplitude de sinal e reflexões contínuas, indicando a possibilidade de influência por correntes de fundo (Figs. 32b e 32c). Já o escorregamento da linha s19 se restringe à borda do talude do VTR (Fig. 33b). Esse escorregamento apresenta característica erosiva devido o padrão de terminação de suas reflexões sísmicas em forma de truncamentos em seu topo (Fig. 33d), além disso, possui posterior deposição de sedimento em sua base (Figs. 33b e 33d).

Entre o Banco Besnard (BSB) e VTR, encontra-se um contornito registrado na linha s19 (Fig. 33), sem continuidade de seu depósito na linha sísmica b43 (Fig. 32). Esse contornito é caracterizado por refletores internos de baixa amplitude, semi-paralelos e contínuos (Fig. 33c).

A linha b38-b43 (Fig. 34) atravessa os Montes Submarinos (MTG) e São Tomé (STM). Ambos os lados da MTG apresentam escorregamentos com padrão de reflexão caótico, descontínuo e de baixa amplitude (Figs. 34c e 34d). Sua porção ao norte possui superfície rugosa e uma posterior deposição de pelagito em sua base (Figs. 34b e 34c), enquanto, ao sul, o transporte de massa é a deposição mais recente, sobrepondo uma camada de pelagito mais antiga, além de possuir superfície mais suavizada, com finas camadas cuja reflexão possui alta amplitude e padrão semi-paralelo contínuo (Figs. 34b e 34d), que pode ter sido moldado por correntes de fundo. Já o STM, localizado ao sul da CVT, apresenta escorregamentos ao norte e um contornito com padrão de reflexão semi-paralela e contínua de baixa amplitude ao sudoeste (Fig. 34b).

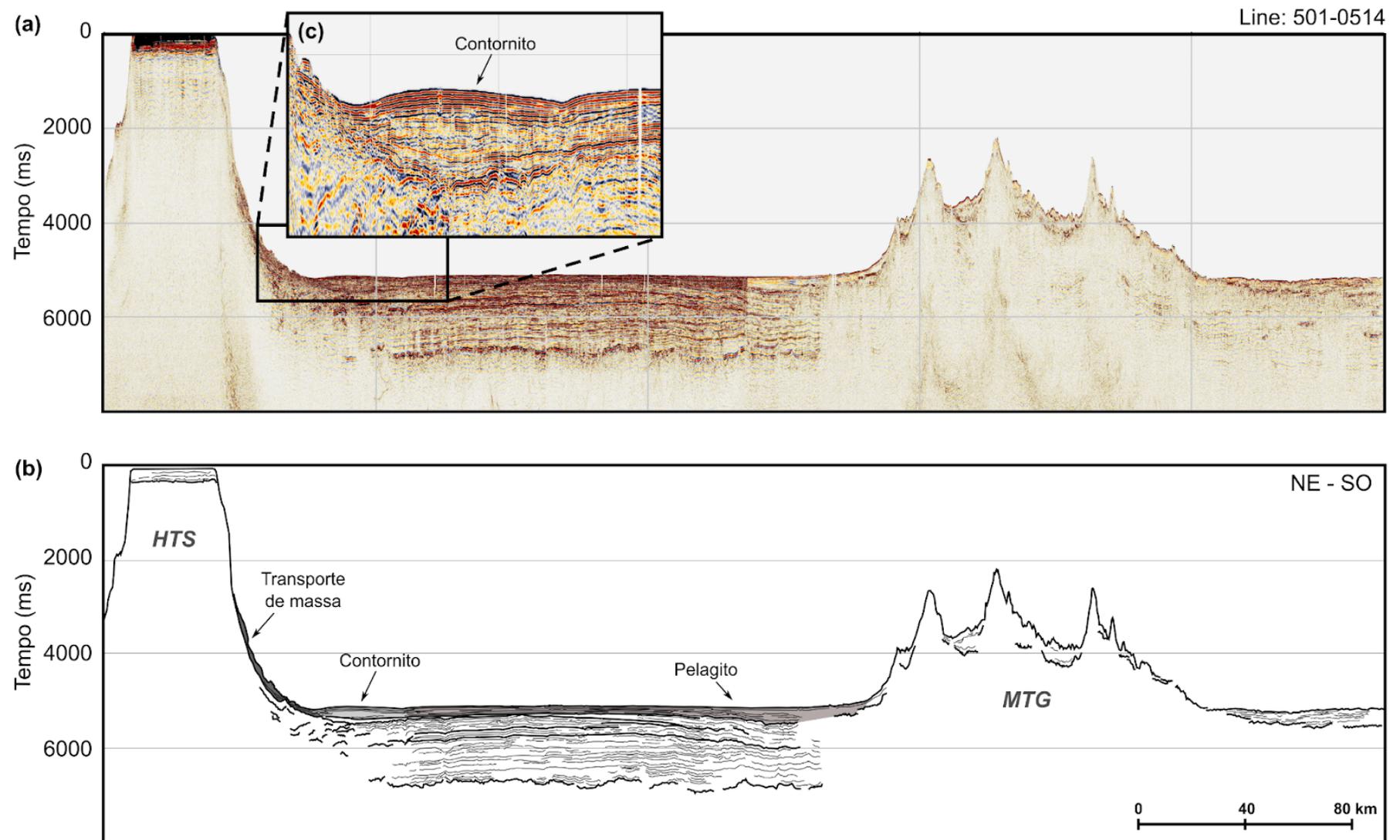


Figura 31: (a) Linha sísmica 501-0514 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) contornito ao sul de Hotspur (HTS). Detalhes da localização da linha 501-0514 na Figura 17.

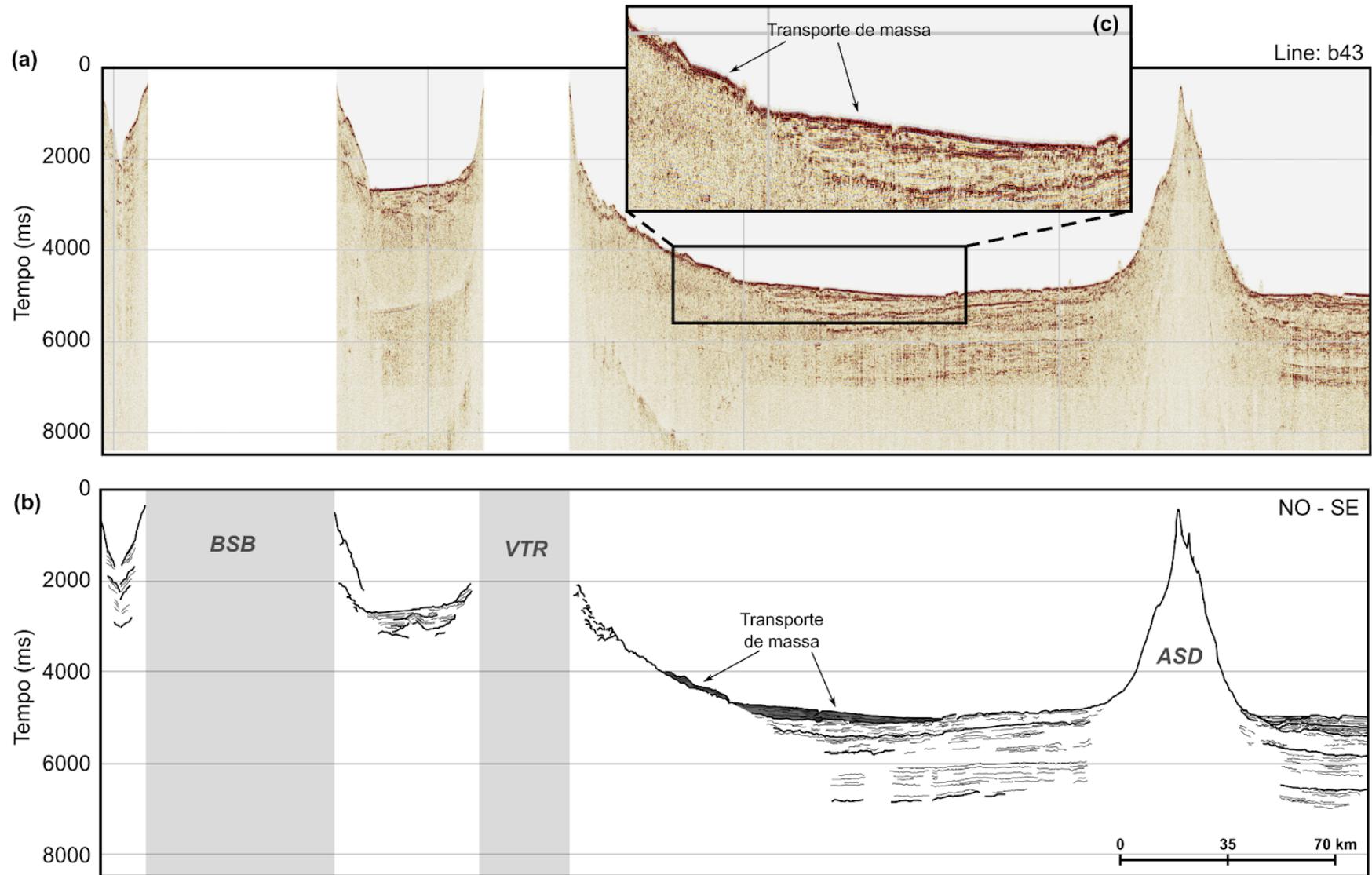


Figura 32: (a) Linha sísmica b43 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) transporte de massa ao sul do Monte Vitória (VTR). Detalhes da localização da linha b43 na Figura 17.

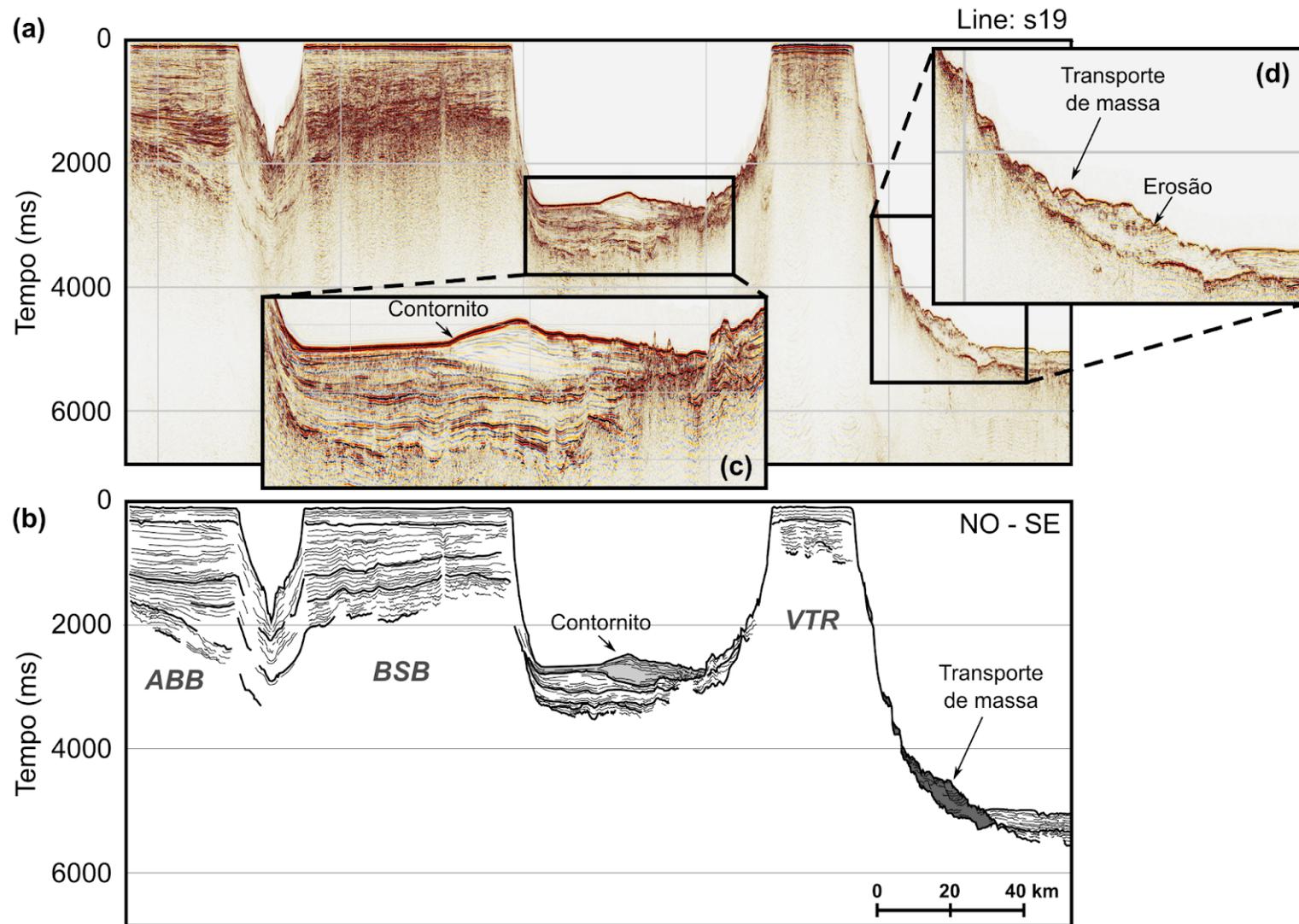


Figura 33: Linha sísmica s19 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) contornito e (d) transporte de massa. Detalhes da localização da linha s19 na Figura 17.

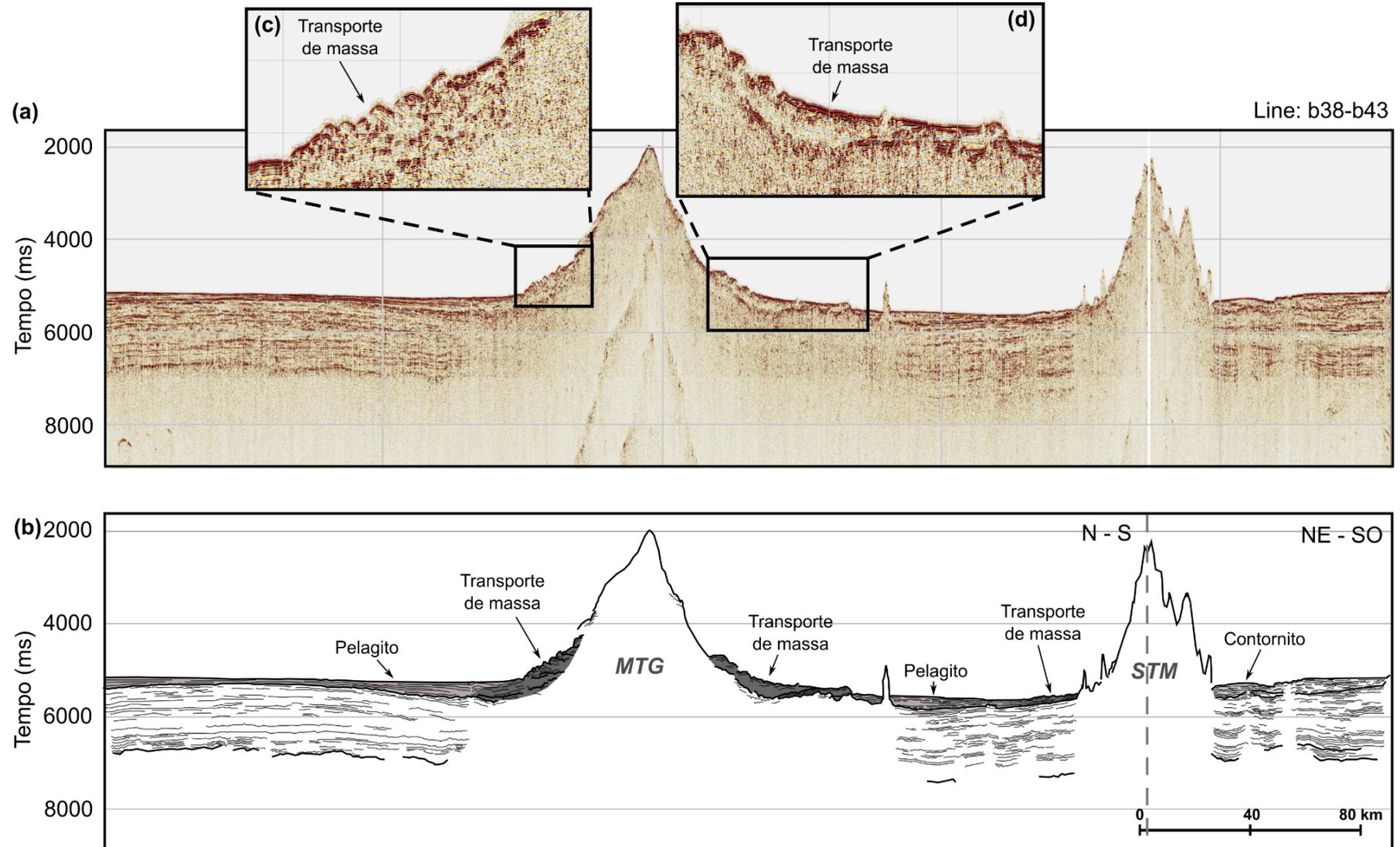


Figura 34: Linha sísmica b38-b43 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o transporte de massa ao (c) norte e (d) sul do Monte Montague (MTG). Detalhes da localização da linha b38-b43 na Figura 17.

As linhas sísmicas b48 e s22 cruzam o Banco de Davis (DVS; Figs. 35 e 36), o qual apresenta uma acentuada *flexural bulge* preenchida por pelagito ao norte do DVS (Figs. 35c e 36), apresentando uma diferença de profundidade de 340 m (medido nos dados batimétricos) com relação à porção ao sul. O pelagito possui topo e camadas internas planas e contínuas, com alta amplitude de sinal nas porções mais rasas e terminação em *onlap* (Fig. 35c).

Ainda analisando a linha b48 (Fig. 35), ao sul do DVS, observa-se um contornito que se estende de sua base até o norte do Canal de Columbia. Este contornito possui cerca de 76,6 km de largura, e é caracterizado por camadas internas bem definidas de reflexões semi-paralelas contínuas e de alta amplitude, além de possuir truncamento em sua extremidade sul, em contato com o canal (Fig. 35d). Abaixo do contornito, observa-se uma camada de sinal acústico caótico descontínuo e superfície erodida, com um antigo canal na mesma posição do atual Canal de Columbia (Fig. 35d).

Ao sul do Canal de Columbia, outro contornito que se estende até o Canal de Vema foi encontrado (Fig. 35). Este possui 620,9 km de extensão e pelo menos 2 fases de desenvolvimento. Este depósito possui reflexões onduladas semi-paralelas descontínuas e de baixa amplitude de sinal, sendo intercaladas por finas camadas de maior amplitude e continuidade no sinal, formando um sistema do tipo misto turbidito-contornito. Enquanto suas fácies internas e a presença do paleocanal *V-shaped* (Fig. 35e) são indicativos de transporte de massa, as finas camadas de reflexão contínua e de alta amplitude, além das ondulações em suas porções mais rasas ao sul (Fig. 35f), indicam ação de correntes de fundo. Ainda, a Figura 35 apresenta sismofácies de configuração caótica típica de intrusões vulcânicas, que são profundas e deformam camadas sedimentares acima.

A linha 500-0514 trata-se da porção mais *offshore* do mesmo sistema deposicional apresentado nas linhas s22 e b48, porém atravessa o Banco de Dogaressa (DGR; Figs. 35, 36 e 37). Nela, também é possível identificar os dois contornitos (Figs. 37a e 37b), o Canal de Columbia (Fig. 37c), o paleocanal preenchido em *onlap* montiforme (Fig. 37d) e as deformações das camadas de sedimento causadas pelas intrusões vulcânicas se tornam mais evidentes, sendo possível destacar as formações de anticlinais e sinclinais periféricos dentro do sistema (Fig. 37). Nesta linha, o contornito ao norte do Canal de Columbia é menos espesso e com camadas semi-paralelas contínuas e de alta amplitude. Na unidade deposicional abaixo, há um padrão de reflexões onduladas semi-paralelas, descontínuas e de baixas amplitudes de onda, característico de transporte de massa, interpretado como turbidito devido

à origem do Canal de Columbia.

Já ao sul do Canal, observam-se três unidades deposicionais de grande escala que formam o contornito do tipo misto (Fig. 37). Novamente, ele apresenta interior com padrão de transparência acústica, reflexões onduladas semi-paralelas, contínuas e ruidosas, alternando com finas camadas de alta amplitude (Fig. 37a, 37b), além de ondulações na superfície (Fig. 37e), onde a amplitude de reflexão também é alta. Adicionalmente, uma dobra convexa limitada por duas falhas laterais é encontrada ao sul do paleocanal, formando uma protuberância no topo do contornito (Fig. 37d).

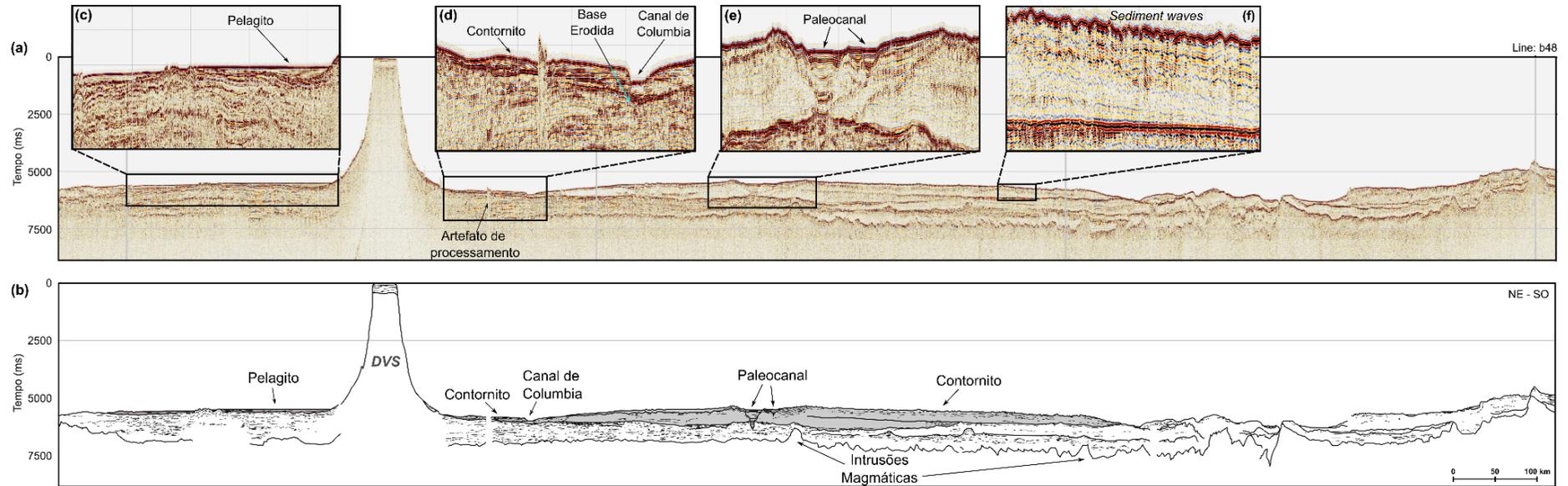


Figura 35: Linha sísmica b48 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) pelagito, (d) contornito e Canal de Columbia, (e) paleocanal e (f) *sediment waves*. Detalhes da localização da linha b48 na Figura 17.

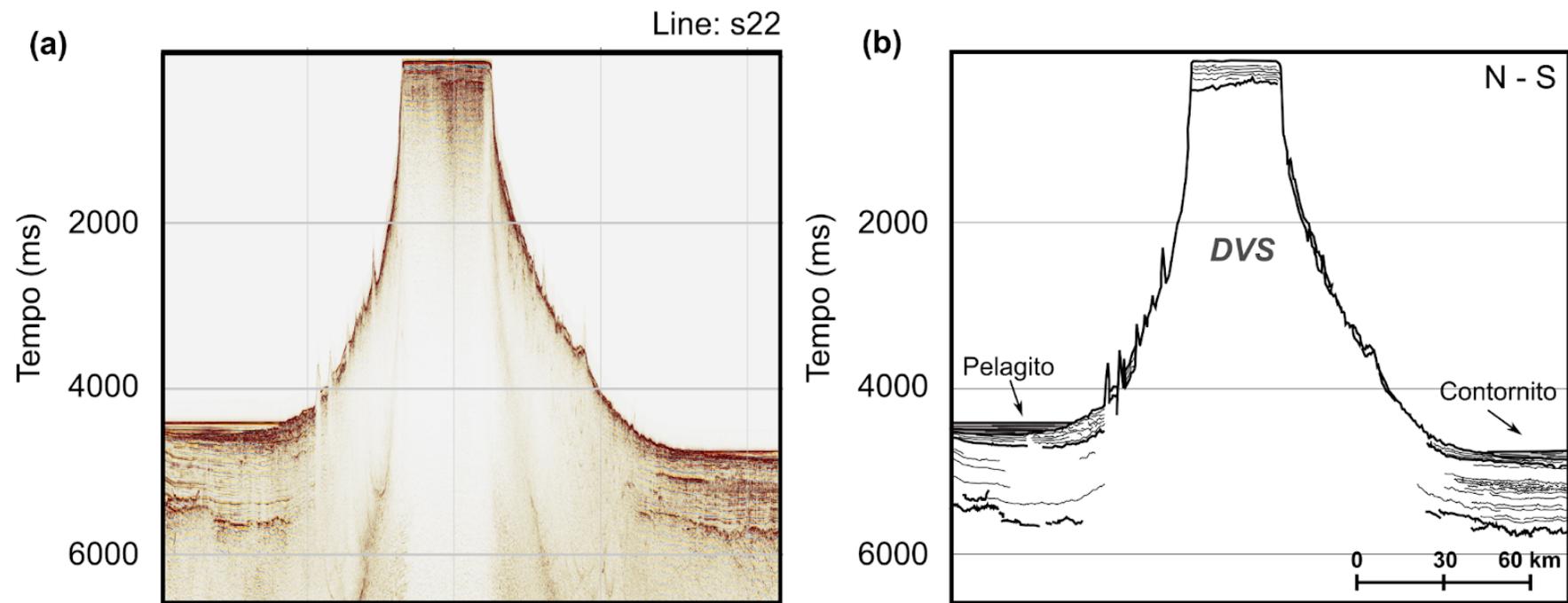


Figura 36: Linha sísmica s22 e (b) interpretação de depósitos sedimentares. Detalhes da localização da linha s22 na Figura 17.

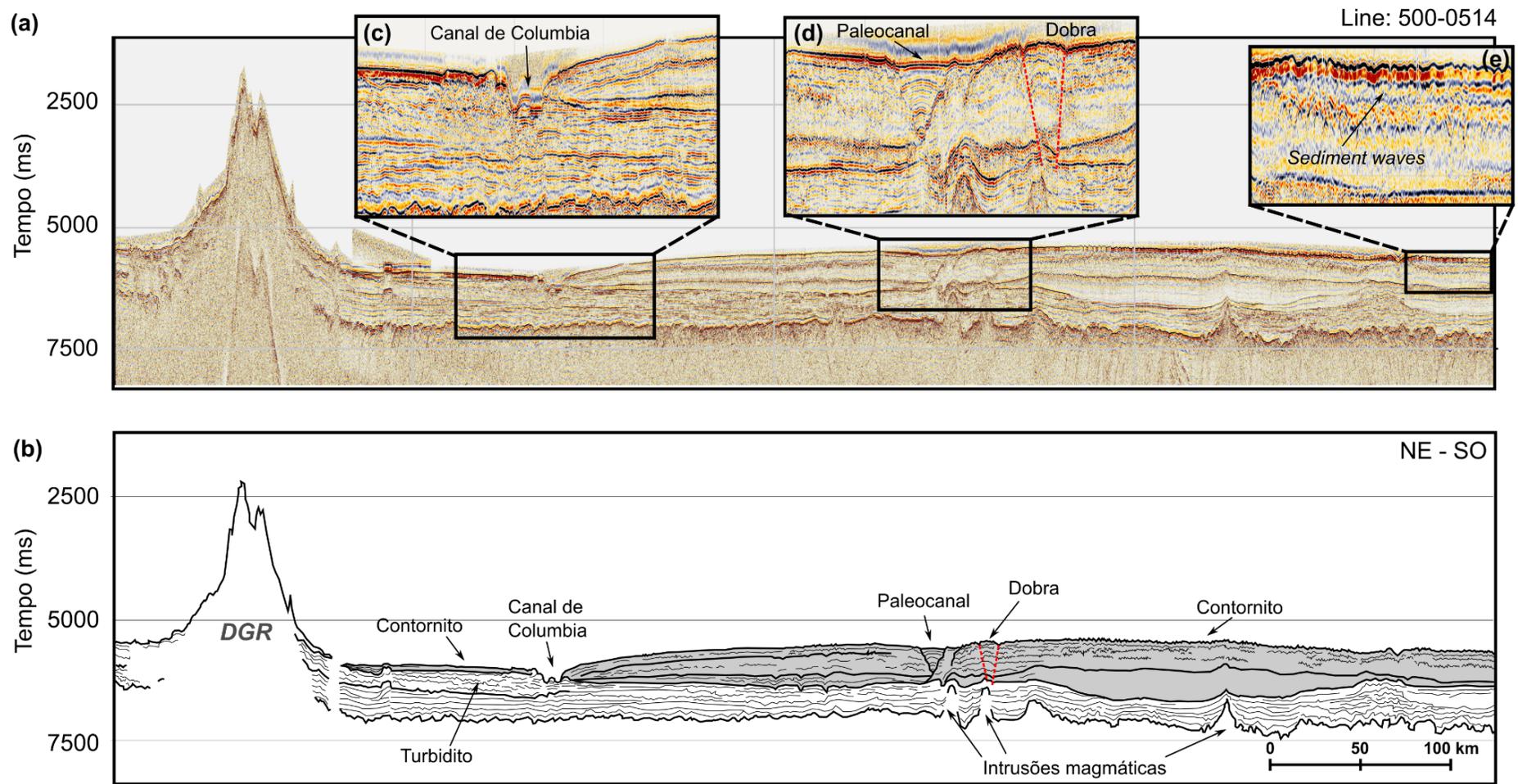


Figura 37: Linha sísmica 500-0514 e (b) interpretação de depósitos sedimentares, além de destaque para o (c) Canal de Columbia, (d) paleocanal e dobra e (e) *sediment waves*. Detalhes da localização da linha 500-0514 na Figura 17.

4.2.1 Classificação Morfológica dos Contornitos

A fim de identificar e entender as feições deposicionais e erosivas que compõem os contornitos, estes tiveram suas morfologias classificadas com base na disposição de suas reflexões internas e dimensões totais, além da geomorfologia prévia sobre a qual se depositaram.

4.2.1.1 Norte

Localizado a uma profundidade em torno de 3800 m, o contornito identificado ao sudoeste do Monte Hotspur foi classificado como *patch drift* por provavelmente ter sido formado pela interação entre correntes de fundo e a topografia (Fig. 38). Suas extremidades são limitadas por *moats*, estruturas erosivas lineares de não-deposição paralelas ao talude, indicando o canal de passagem preferencial da corrente de fundo (Fig. 38). Este é um dos menores contornitos encontrados na área de estudo, com cerca de 33 km de largura entre os *moats*.

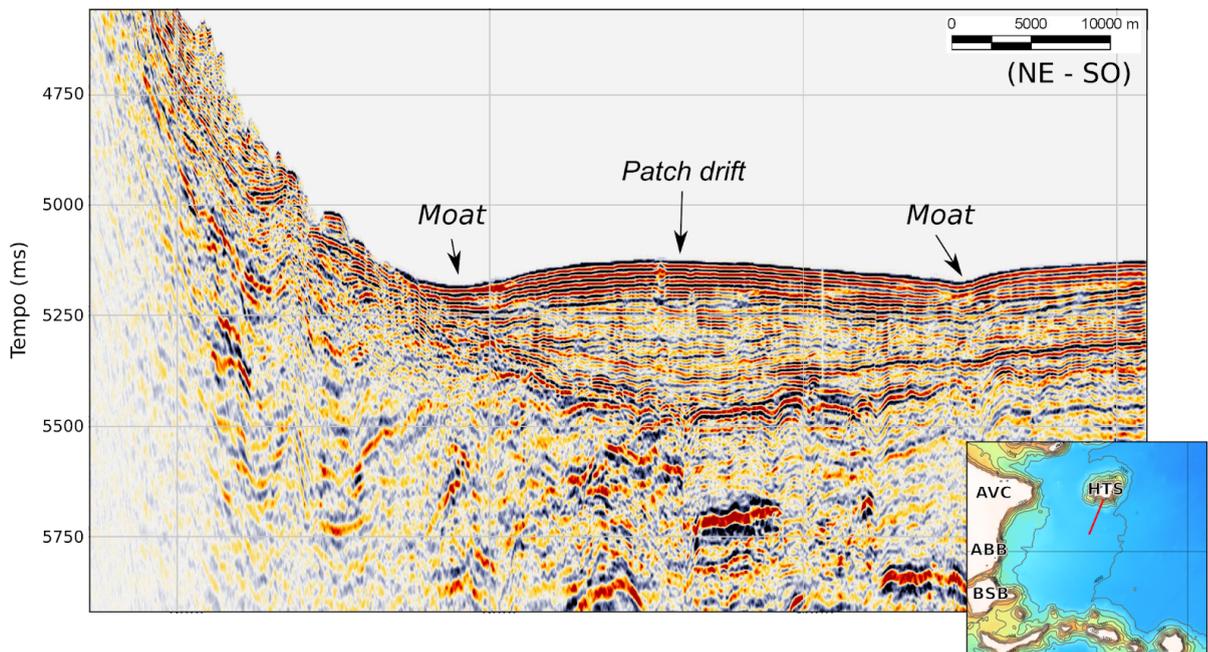


Figura 38: Contornito do tipo *patch drift* ao sul do Monte Hotspur (HTS), da linha sísmica 501-0514.

Mais ao sul, ao chegar na Cadeia, a presença de diversos montes submarinos propiciam a formação de contornitos. Desta forma, *plastered drifts* foram encontrados na borda ao norte do monte de Vitória (Fig. 39a), a uma profundidade de 2200 m e variando entre 4,7 e 5,9 km de extensão. Esse depósito se estende entre os montes Besnard e Vitória e

se torna do tipo confinado (*confined drift*; Fig. 39b). Limitado lateralmente pelos montes e *moats* formados em suas bordas, o contornito chega a 28 km de largura e encontra-se a 1900 m de lâmina d'água (Fig. 39b).

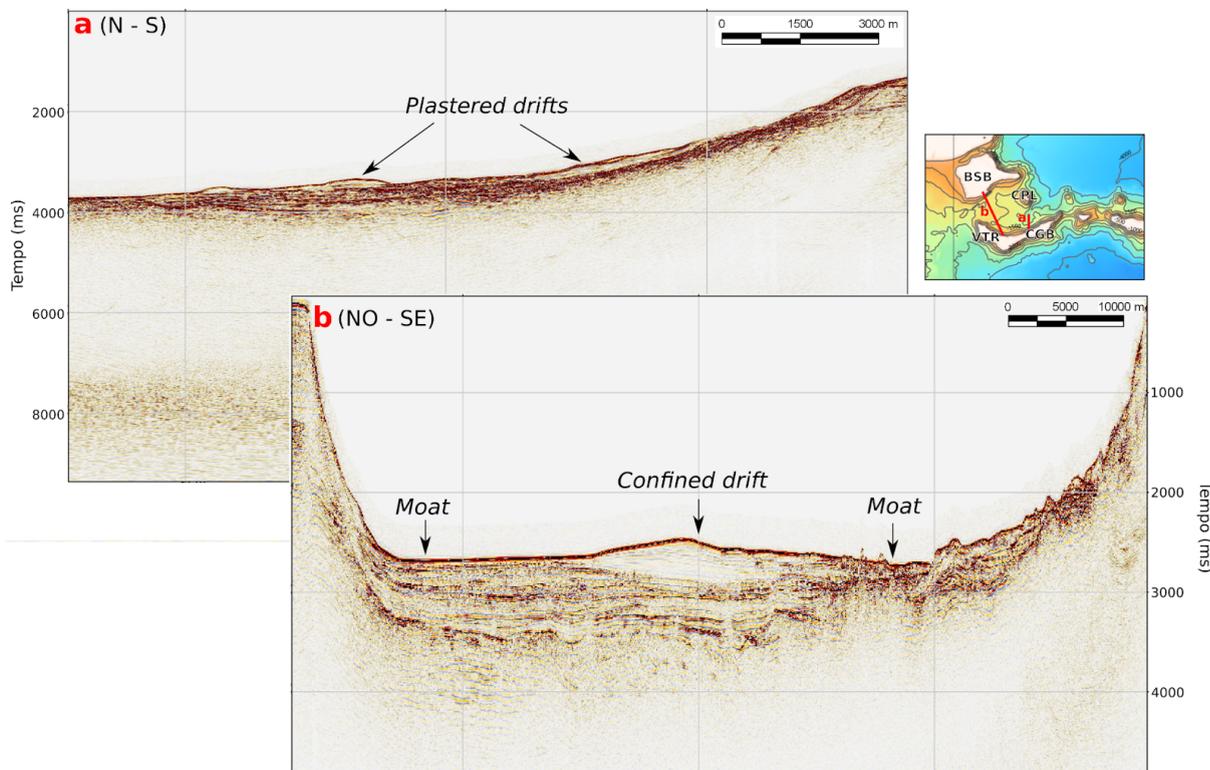


Figura 39: Contornitos dos tipos (a) *plastered* e (b) *confined drift* entre os montes Besnard (BSB) e Vitória (VTR), das linhas sísmicas s21-s20 e s19, respectivamente.

4.2.1.2 Sul

No Monte de São Tomé, ao sul da CVT, mais um *patch drift* foi encontrado a sudoeste, em uma profundidade de 4000 m (Fig. 40). O contornito possui *moats* em ambos os lados e completa 23 km de largura.

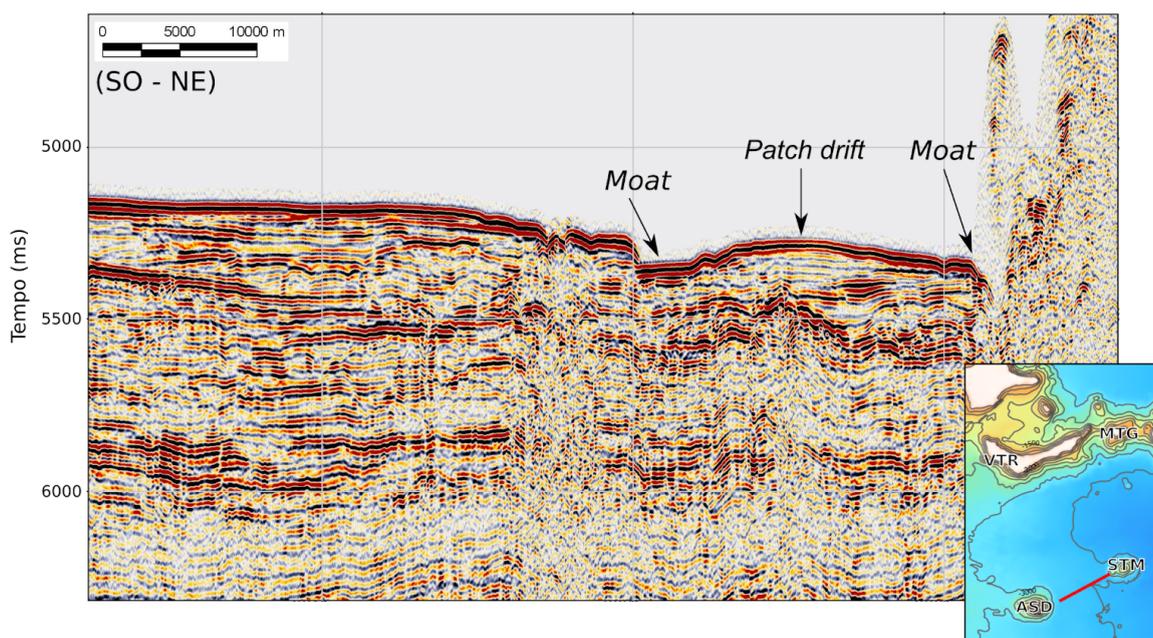


Figura 40: Contornito do tipo *patch drift* ao sudoeste do Monte de São Tomé (STM), da linha sísmica b38-b43.

Na base dos taludes ao sul dos montes Davis e Dogaressa, em 4500 m de profundidade, há a formação de um *patch drift* de largura que chega a 107,6 km (Fig. 41). A porção mais oeste do contornito (Fig. 41a) possui maior espessura, afinando sentido *offshore* (Fig. 41b) e é limitado pelo Canal de Columbia que, devido truncamentos presentes no limite sul do contornito (Fig. 41a), atualmente age como canal contornítico, com passagem de corrente de fundo com poder erosivo.

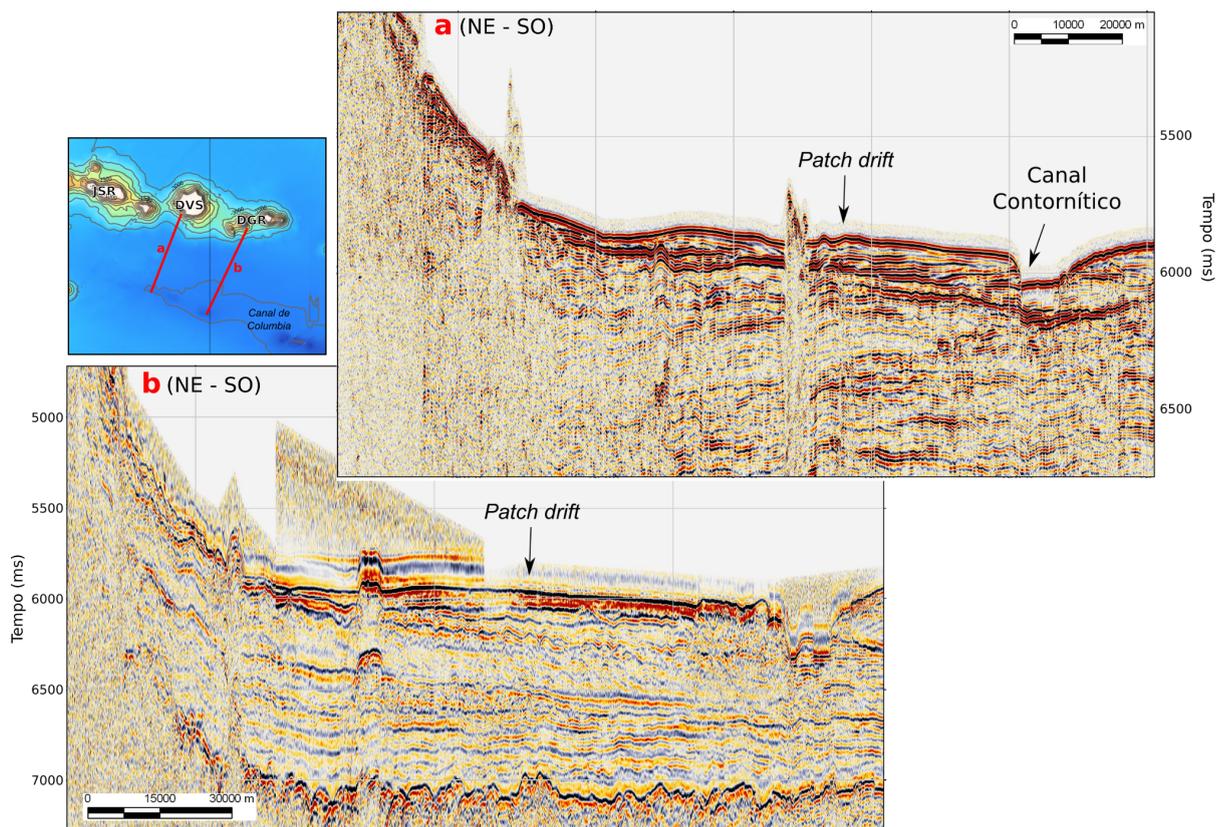


Figura 41: Contornito do tipo *patch drift* ao sul dos montes (a) Davis (DVS) e (b) Dogaressa (DGR), das linhas sísmicas b48 e 500-0514, respectivamente.

Por fim, ao sul do Canal de Columbia, a uma profundidade de 4100 m, há um extenso depósito contornítico interpretado como *mixed drift* que chega até o Canal de Vema (Fig. 42). Essa classificação foi baseada na análise de fácies em conjunto com a presença de um paleocanal *V-shaped* e de *sediment waves*, principalmente nas camadas mais superficiais ao sul do depósito, indicando características tanto de turbidito, quanto de contornito. É o depósito contornítico mais extenso da área de estudo, chegando a 620,9 km de largura, e possui bordas limitadas por *moats*. A largura de seu paleocanal varia entre 12,4 e 16,5 km.

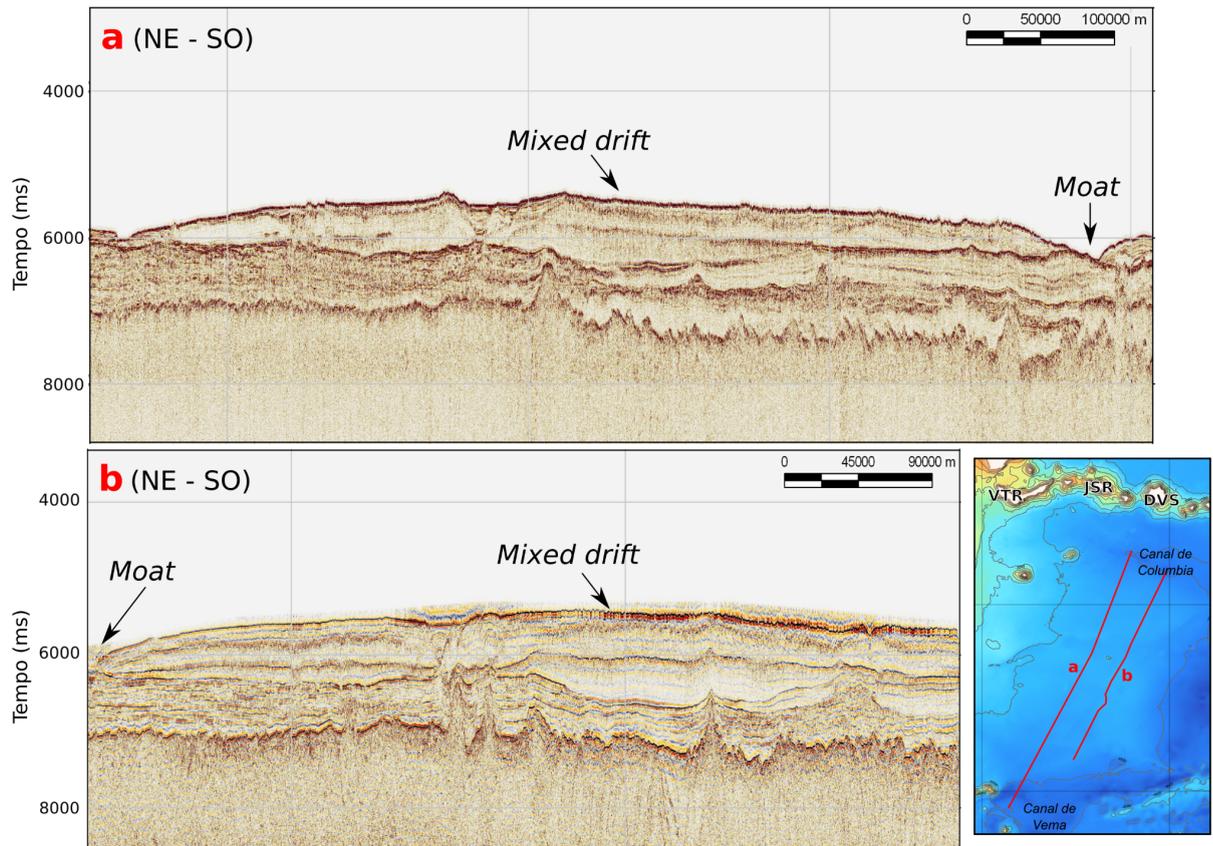


Figura 42: Contorno do tipo *mixed drift* ao sul do Canal de Columbia, das linhas sísmicas (a) b48 e (b) 500-0514, respectivamente.

5 DISCUSSÃO

5.1 Norte

A partir dos dados batimétricos, observou-se um padrão de canais perpendiculares aos taludes dos montes submarinos da CVT menos extensos ao norte quando comparado à porção sul. No Monte de Vitória, a extensão reduzida dos canais ao norte (Figs. 21a e 21b) pode ter sido favorecida por sua localização fisicamente protegida pelos Bancos de Besnard e de Congress. Por outro lado, a presença desse padrão de canais nos demais montes submarinos (Fig. 21) pode ter sido causada também pela diferença hidrodinâmica e sedimentar entre o norte e sul da CVT descrita por Alves et al. (2006), indicando que a porção norte da área de estudo possui taludes mais estáveis.

Afastando-se dos taludes, os pelagitos se mostram como o principal depósito sedimentar da região. As linhas 501-0514, b38-b43, s20, b48, s22, s23, s24 e 500-0010 (Figs. 31, 34, 35, 36, e APÊNDICE A respectivamente) mostraram um extenso pelagito ao norte da CVT, indicando que, na região, não há atividade de correntes de fundo com capacidade de remobilizar estes sedimentos. Os pelagitos desta região se localizam entre as isóbatas de 3500 e 4500 m e têm distribuição restrita ao norte dos montes submarinos de Montague ao Dogaressa, onde provavelmente a CVT age como uma barreira para a passagem da AFA.

Mais ao norte, próximo ao monte Hotspur, foi encontrado um contornito a uma profundidade de 3800 m (Figs. 31 e 38), à noroeste da CVT, que pode estar relacionado à APAN, já que essa massa d'água pode atingir até 4000 m de profundidade nessa região (Fig. 5) e interagir com o monte submarino (Hernández-Molina et al., 2008; Roden, 1987), gerando um *patch drift* (Rebesco et al., 2014).

Entre os Bancos de Besnard e Vitória, outro contornito, do tipo *confined drift* foi identificado a uma profundidade de 1900 m (Figs. 33 e 39b). Devido à capacidade da APAN atravessar a CVT entre os montes submarinos em sentido sul (Hogg & Owens, 1999), há a possibilidade deste depósito indicar a passagem da mesma.

5.2 Sul

Especialmente na porção oeste da CVT, onde os depósitos gerados por transporte de massa são mais frequentes, os canais perpendiculares aos taludes dos montes submarinos em direção ao sul apresentaram maior extensão (Fig. 22). Além disso, os dados de sísmica 2D

revelaram possível influência de correntes de fundo em todos os depósitos desse tipo que estão voltados a sul. Portanto, a AFA pode ter papel importante na desestabilização das escarpas e/ou moldagem de depósitos ao sul dos montes submarinos

Toda a região ao sul da CVT é dominada pela presença de contornitos. Ao norte do Canal de Columbia, o contornito formado a partir de um dique turbidítico, também chamado contornito de Columbia (Faugères et al., 2002), se estende desde o sul do monte submarino de Davis e contorna os montes de Dogaressa e de Columbia em direção ao norte da CVT, indicando passagem de correntes de fundo. Faugères et al. (2002) estudaram detalhadamente e delimitaram a distribuição espacial do contornito de Columbia mais concentrado ao sul de Dogaressa. Porém, os dados sísmicos do presente estudo indicam que este depósito é maior que o esperado pelos autores. Os mesmos autores atribuíram ainda a formação do contornito de Columbia ao transporte da AFA (Faugères et al., 2002).

Faugères et al. (2002) interpretaram como características turbidíticas as linhas sísmicas com refletores de alta amplitude, desde reflexões caóticas a bem-estratificadas, enquanto os contornitos foram interpretados por eles como regiões de sismofácies transparentes com descontinuidade de reflexões de baixa amplitude, além de ecofácies onduladas em depósitos de sub-superfície. Desta forma, a porção ao sul do monte de Davis apresentaria características mais semelhantes a turbiditos (Fig. 35) e, chegando à Dogaressa, seus refletores com menores amplitudes indicariam características de contornito (Fig. 37). Portanto, sua porção mais oeste aparenta ser dominada por processos turbidíticos, cujos depósitos passam aos poucos a ser moldados por correntes de fundo a leste, corroborando o padrão observado por Faugères et al. (2002).

Considerando o padrão da sequência *down-slope* do depósito turbidítico, a superfície erodida encontrada na linha b48 (Fig. 35d), abaixo do Canal de Columbia, pode se tratar de uma antiga fase do turbidito, porém, com alcance de maiores profundidades. À *offshore*, encontra-se uma camada de sinal acústico caótico interpretado como turbidito na linha 500-0514 (Fig. 37b), abaixo do contornito, podendo representar a porção onde o turbidito perde seu poder erosivo e inicia a deposição de forma caótica. Por fim, a camada mais recente interpretada como contornito ao norte do canal (Figs. 35b, 35d e 37b, 41), trata-se de materiais depositados em camadas quase planas e moldados por correntes de fundo, resultando em um sistema misto turbidito-contornito.

Amostras de testemunhadores no Canal de Columbia confirmam a presença de

corrente de turbidez ativa no canal, indicada pela presença de sequências arenosas, intercalando com finas camadas de menor granulometria e diversos contatos erosivos (Faugères et al., 2002). Ao norte do canal, o testemunho passa a ser composto predominantemente por sedimento lamoso, porém apresenta algumas camadas arenosas menos espessas especialmente no testemunho mais afastado do canal. Essa região foi apontada por Faugères et al. (2002) como dominada por turbiditos e com algumas porções sob influência de correntes de fundo. Ainda, os autores apontam os montes submarinos da CVT como significativa fonte de sedimento para essa estrutura.

Já o contornito ao sul do Canal de Columbia chega até as proximidades do Canal de Vema, a principal passagem para a AFA (Hogg et al., 1999), formando o maior contornito encontrado na área de estudo, com cerca de 620 km de extensão. O contornito apresenta refletores de baixa amplitude e um paleocanal central em forma de V, típico de sistemas de transporte de massa (Figs. 35, 37 e 42). Por outro lado, os horizontes paralelos no topo, ondulações em suas porções mais rasas, principalmente ao sul, e sua geometria montiforme indicam ação de correntes (Figs. 35, 37 e 42). Desta forma, levanta-se a possibilidade de se tratar de mais um sistema misto turbidito-contornito.

A porção norte deste depósito também já foi estudado por Faugères et al. (2002), cujas amostras de testemunho foram compostas inteiramente por sedimento lamoso e homogêneo, com nódulos de manganês e sem indícios de turbiditos. De maneira semelhante, análises de amostras e reflexão sísmica na porção sul deste contornito descreveram a região como composta por sedimentos finos transportados pela AFA, com evidências de interação com correntes de fundo durante os períodos Terciário e Quaternário, enquanto o correspondente ao período Cretáceo possui sedimentos pelágico-hemipelágico e turbidítico (Gamboa et al., 1983 *apud* Lima et al., 2009).

Faugères et al. (2002) e Lima et al. (2009) interpretam o depósito como puramente contornítico, sem características de turbidito. Além disso, os autores sugerem que haja deflexão do turbidito do Canal de Columbia para o norte devido à força de Coriolis, o que poderia explicar a ausência de características turbidíticas na porção do dique ao sul analisada em seus trabalhos (Faugères et al., 2002; Lima et al., 2009). Em contrapartida, os mesmos autores não citam a presença do paleocanal central do grande contornito. Além disso, é importante ressaltar que todos os testemunhos e linhas sísmicas do trabalho de Faugères et al. (2002; Fig. 14) foram coletados mais ao leste que os dados desta pesquisa. Estes autores

observaram que o dique ao norte do Canal de Columbia tem suas características de turbidito reduzidas e uma maior influência por correntes de contorno em direção a leste, onde também a profundidade aumenta. Avaliar se esse padrão se repete no dique ao sul poderia justificar as diferenças de interpretação entre este trabalho e o de Faugères et al. (2002).

A origem dos paleocanais encontrados foi atribuída ao canal de transporte de massa formado por turbidito devido ao seu formato em V (Figs. 35, 37 e 42), indicando que, apesar das bordas do extenso contornito ao sul terem composição predominantemente contornítica (Faugères et al., 2002; Lima et al., 2009), a sua parte central é provavelmente turbidítica. O preenchimento de canais turbidíticos costumam se dar de forma agradacional (Posamentier & Kolla, 2003), como encontrado nesta região. Seus refletores internos, de maior amplitude, indicam que, ao perder o seu poder erosivo, o canal turbidítico foi posteriormente preenchido, provavelmente por sedimento arenoso (Posamentier & Kolla, 2003). Na porção mais *offshore*, o preenchimento do paleocanal se dá em camadas montiformes (Fig. 37d). Esse padrão pode ser justificado por uma força contracional na região, indicada pela dobra ao lado (Fig. 37d) que, além de possuir camadas convexas, é levada a profundidades mais rasas, formando uma protuberância no sistema deposicional, indicando compressão local.

5.3 Comparações longitudinais

A partir dos dados batimétricos da CVT, observou-se uma maior definição e extensão dos canais de escorregamento na porção oeste da Cadeia, corroborando com a análise de Motoki et al. (2012), que atribuiu essa distribuição à maior idade dos montes submarinos ocidentais. Esses deslizamentos seriam causados pelo acúmulo de sedimentos pelágicos no talude de seus edifícios vulcânicos que são transportados verticalmente após desestabilizações no talude (Motoki et al., 2012).

Feições circulares positivas encontradas foram mais frequentes ao leste da CVT. Estas são provavelmente estruturas vulcânicas e sua distribuição espacial pode ser justificada por sua proximidade de montes submarinos vulcânicos mais recentes (Motoki et al., 2012) fazendo com que essas não tenham sido completamente erodidas ao longo dos anos.

5.4 Interpretação hidrodinâmica

A partir da interpretação dos perfis sísmicos apresentados nos Resultados, em conjunto com os perfis do APÊNDICE A, estimou-se a distribuição espacial dos depósitos

encontrados. Com base no comportamento esperado em grande escala da APAN (transportada para sul) e AFA (transportada para norte) na região e nos estudos de Faugères et al. (2002) e Hogg & Owens (1999), as direções dessas massas d'água foram propostas para a área de estudo (Fig. 43). Em alguns casos, a trajetória apresentada na literatura coincide com regiões onde são encontrados depósitos sedimentares cuja origem pode estar relacionada com correntes de fundo, em outros, propõem-se caminhos esperados que justificariam a presença de depósitos desse tipo.

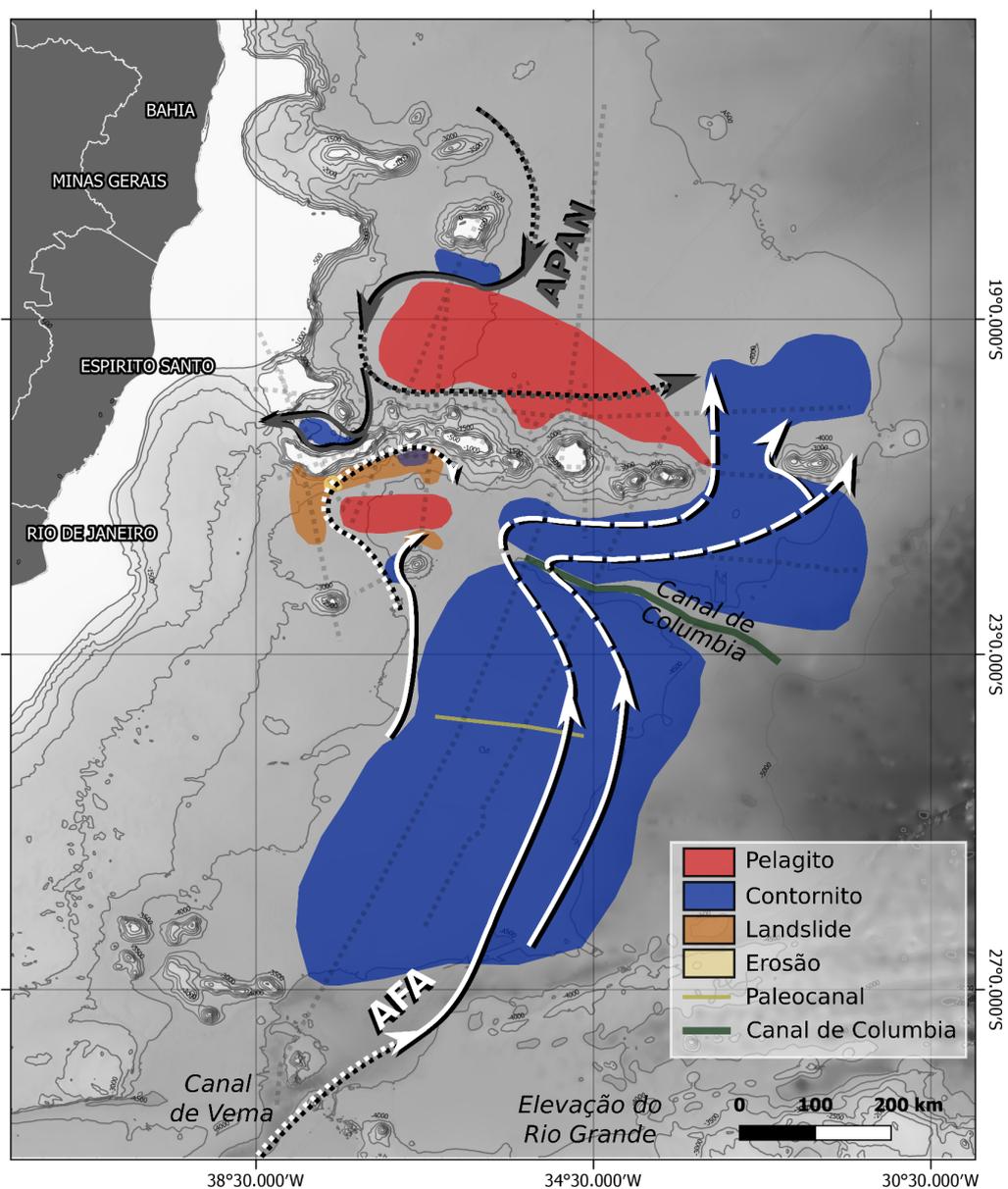


Figura 43: Distribuição espacial dos depósitos sedimentares encontrados e direções da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN; em cinza escuro) e Água de Fundo Antártica (AFA; em branco) estimadas. As setas de linhas tracejadas foram baseadas no trabalho de Faugères et al. (2002), as pontilhadas no de Hogg & Owens (1999) e as linhas sólidas foram acrescentadas no presente trabalho. As linhas pontilhadas ao fundo indicam as linhas sísmicas analisadas.

Com base nos depósitos sedimentares interpretados ao norte da CVT, estima-se que a APAN flua na direção sul, interagindo com o monte Hotspur antes de chegar aos montes submarinos da CVT (Fig. 43). Hogg & Owens (1999) indicaram que a APAN é capaz de chegar ao sul da CVT; nos dados de sísmica 2D (Fig. 33 e 39), a presença de contornos entre os montes de Vitória e Besnard indica uma possível passagem dessa massa d'água para sul. Ao longo dos demais montes submarinos, não há evidências geomorfológicas de interação entre correntes de fundo e os taludes ao norte, porém, a literatura indica uma deflexão de parte da APAN para leste (Hogg & Owens, 1999), indicado na Figura 43.

Devido à sua extensão e localização, o contorno ao sul indica a passagem da AFA, que atravessa o Canal de Vema e contorna o depósito seguindo as isóbatas. Chegando mais ao norte, parte da corrente passa a oeste do monte de São Tomé, transportando a AFA até o sul do monte submarino de Vitória, como também mostraram os flutuadores de Hogg & Owens (1999), justificando as características do transporte de massa da região (Figs. 32, 33, 34 e 43). Enquanto isso, a porção que segue sobre o Canal de Columbia sofre um recuo para oeste, acompanhando as isóbatas (Faugères et al., 2002) e, em seguida, contorna os montes de Dogarossa e Columbia. Nesta porção, a extensão do contorno indica uma área de travessia da AFA para a porção norte da CVT (Fig. 43).

5.5 Interação entre correntes de fundo e a CVT em períodos glaciais

Em períodos de glaciação, a redução de temperatura inicia-se no Hemisfério Norte e é distribuída para o resto do planeta (Lai et al., 2021). Neste período, as correntes de fundo são intensificadas, já que a Antártica e Ártico - locais de formação de importantes massas d'água - são diretamente afetados. Modelos de simulação de massas d'água no Oceano Atlântico indicam que em períodos glaciais ocorre o enfraquecimento da circulação da APAN e aumento da intrusão da AFA (Liu et al., 2005). Por outro lado, períodos de deglaciação estão associados à uma redução relevante da Célula de Revolvimento Meridional Atlântica (*Atlantic Meridional Overturning Circulation* - AMOC) quando a glaciação chega próxima ao seu máximo, o que provoca um acúmulo de calor no Hemisfério Sul que, em conjunto com a insolação local, reduz a cobertura de gelo ao redor da Antártica, libera CO₂ dos oceanos para a atmosfera e, por fim, a AMOC é restabelecida (Lai et al., 2021).

Dado isso, e comparando com o cenário atual de distribuição de depósitos sedimentares e interação com massas d'água na CVT, pode-se propor que em períodos glaciais o fortalecimento da AFA provoque uma interação mais intensa com os montes submarinos da CVT. Devido às baixas temperaturas e a intensificação das correntes em um cenário glacial, espera-se que o sedimento local possua maior granulometria e quantidade de material terrígeno e uma redução da taxa de sedimentação e composição por carbonatos, como encontrado no trabalho de Tagliaro et al. (2021b). Além disso, em um cenário de intensificação das correntes de fundo, hiatos estratigráficos erosivos provocados por correntes de fundo tendem a ser formados (Tagliaro et al., 2021b) especialmente próximo aos montes submarinos, onde as correntes são localmente intensificadas (Kennett, 1982 *apud* Hernández-Molina et al., 2008; Roden, 1987).

6 CONCLUSÃO

A Cadeia Vitória-Trindade é uma extensa (~950 km) sequência de montes submarinos vulcânicos alinhados cujas diferenças de sedimentação entre a porção ao norte e ao sul já é conhecida. Seu alinhamento perpendicular à direção de transporte de massas d'água da região promove interação com correntes de fundo, que é registrada nos depósitos sedimentares da região.

A porção ao sul da CVT apresenta canais de transporte de massa mais extensos e depósitos moldados por correntes de fundo, provavelmente transportando a AFA, enquanto que ao norte predomina a presença de pelagitos e a distribuição de contornitos é mais restrita, atribuída à passagem da APAN. A interação entre correntes de fundo e os montes submarinos da CVT explica a maioria dos tipos de contornitos encontrados na região, além da moldagem de depósitos de transporte de massa.

A interpretação da hidrodinâmica com base na distribuição espacial dos depósitos encontrados indica que a CVT funciona como barreira para a passagem da AFA, que se restringe ao sul da Cadeia até encontrar passagem para o norte ao leste dos montes de Dogaressa. Por sua vez, por atuar em menores profundidades, a APAN é capaz de atravessar a CVT por entre seus montes.

O trabalho evidencia o registro da hidrodinâmica na geomorfologia marinha. Sendo o deslocamento de massas d'água um importante meio de transporte de calor e controle climático, a geologia é capaz de revelar seus contextos atuais e passados.

Por fim, para maior detalhamento e precisão sobre as correntes de fundo que interagem com a CVT, recomenda-se novas medições diretas da hidrodinâmica, com equipamentos modernos como fundeios correntográficos, o que traria informações mais detalhadas sobre velocidade, direção e temperatura de massas d'água transportadas na região. Ainda, a amostragem geológica por testemunhadores pode revelar informações inéditas sobre a origem e evolução do paleocanal encontrado, além de possibilitar a investigação de como a interação entre as correntes e a CVT se deu ao longo de milhares de anos, em diferentes condições climáticas.

REFERÊNCIAS

- Almeida F. F. M. de. (2006). Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terra Didática*, 2(1):3-18. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>
- Alves, E.C., Maia, M., Sichel, S. E., & Campos, C. M. P. de. (2006). Zona de fratura de Vitória-Trindade no Oceano Atlântico Sudeste e suas Implicações Tectônicas. *Revista Brasileira de Geofísica*, 24(1), 117–127.
- Bellefleur, G., Duchesne, M.J., Hunter, J., Long, B.F., and Lavoie, D. (2006). Comparison of single- and multichannel high-resolution seismic data for shallow stratigraphy mapping in St. Lawrence River estuary, Quebec; Geological Survey of Canada, Current Research 2006-D2, 10 p.
- Berg, O. R. (1982). Seismic detection and evaluation of delta and turbidite sequences: Their application to exploration for the subtle trap. *AAPG Bulletin*, 66(9), 1271-1288.
- Borges, R. G., de Lima, A. C., & Kowsmann, R. O. (2015). Áreas Propensas a Escorregamentos No Talude Continental. In *Geologia e Geomorfologia*. Elsevier Editora Ltda. <https://doi.org/10.1016/b978-85-352-6937-6.50013-6>
- Brennan, C.W. (2017). Multibeam Calibration: The Patch Test. R2Sonic LLC.
- CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA. (n.d.). *Coleta de dados batimétricos*. <https://www.marinha.mil.br/chm/chm/dados-do-segnav-lev-hidro/coleta-de-dados-batimetricos> [acesso em: jan. 2021]
- Chiocci, F. L., Cattaneo, A., & Urgeles, R. (2011). Seafloor mapping for geohazard assessment: State of the art. *Marine Geophysical Research*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11001-011-9139-8>
- Da Rocha, C. R. M., Da Silva, R. M., & Júnior, A. R. T. (2006). Marine Topography Influence In Vitória Eddy Using A Coupled Ocean-atmosphere Model. *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE, p. 1315-1320.
- Faugères, J. C., Lima, A. F., Massé, L., & Zaragosi, S. (2002). The Columbia channel-levee system: a fan drift in the southern Brazil Basin. *Geological Society, London, Memoirs*, 22(1), 223-238. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2002.022.01.16>
- Faugères, J. C., Stow, D. A. V., Imbert, P., & Viana, A. (1999). Seismic features diagnostic of contourite drifts. *Marine Geology*, 162(1), 1–38. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(99\)00068-7](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(99)00068-7)
- FLANDERS MARINE INSTITUTE (VLIZ). (n.d.). Multibeam Sonar. <http://www.vliz.be/en/multibeam-en> [acesso em: jan. 2020]
- Fonnesu, M., Palermo, D., Galbiati, M., Marchesini, M., Bonamini, E., & Bendias, D. (2020). A new world-class deep-water play-type, deposited by the syndepositional interaction of

- turbidity flows and bottom currents: The giant Eocene Coral Field in northern Mozambique. *Marine and Petroleum Geology*, 111, 179-201. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.07.047>
- Gomes, P. O., & Viana, A. R. (2002). Contour currents, sediment drifts and abyssal erosion on the northeastern continental margin off Brazil. *Geological Society Memoir*, 22(1), 239–248. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2002.022.01.17>
- Griffiths, J. S., Smith, M. J., & Paron, P. (2011). Introduction to Applied Geomorphological Mapping. In *Geomorphological Mapping* (1st ed., pp. 3–11). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53446-0.00001-X>
- Gruetzner, J., Uenzelmann-Neben, G., & Franke, D. (2016). Evolution of the northern Argentine margin during the Cenozoic controlled by bottom current dynamics and gravitational processes. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17(8), 3131–3149. <https://doi.org/10.1002/2015GC006232>
- Hernández-Molina, F. J., Maldonado, A., & Stow, D. A. V. (2008). Abyssal plain contourites. *Developments in sedimentology*, 60, 345-378. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(08\)10018-8](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(08)10018-8)
- Hernández-Molina, F. J., Paterlini, M., Somoza, L., Violante, R., Arecco, M. A., de Isasi, M., Rebesco, M., Uenzelmann-Neben, G., Neben, S., & Marshall, P. (2010). Giant mounded drifts in the Argentine Continental Margin: Origins, and global implications for the history of thermohaline circulation. *Marine and Petroleum Geology*, 27(7), 1508–1530. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2010.04.003>
- Hernández-Molina, F. J., Soto, M., Piola, A. R., Tomasini, J., Preu, B., Thompson, P., Badalini, G., Creaser, A., Violante, R. A., Morales, E., Paterlini, M., & De Santa Ana, H. (2016). A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implications. *Marine Geology*, 378, 333–349. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.10.008>
- Hogg, N. G., Siedler, G., & Zenk, W. (1999). Circulation and variability at the southern boundary of the Brazil Basin. *Journal of Physical Oceanography*, 29(2), 145–157. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<0145:CAVATS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<0145:CAVATS>2.0.CO;2)
- Hogg, N. G., & Owens, W. B. (1999). Direct measurement of the deep circulation within the Brazil Basin. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 46(1-2), 335-353. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(98\)00097-6](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(98)00097-6)
- Howe, J. A. (2008). Methods for Contourite Research. *Developments in Sedimentology*, 60, 19–33. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(08\)10003-6](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(08)10003-6)
- Josenhans H. (1997) Simultaneous use of Multiple Seismic Reflection Systems for High Resolution and Deep Penetration. In: Davies T.A. et al. (eds) *Glaciated Continental Margins*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5820-6_5
- Lai Z, Xu Y and Zheng P (2021) Earth Ice Age Dynamics: A Bimodal Forcing Hypothesis.

Front. Earth Sci. 9:736895. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.736895>

- Lima, A. F., Faugeres, J. C., & Mahiques, M. (2009). The Oligocene–Neogene deep-sea Columbia Channel system in the South Brazilian Basin: Seismic stratigraphy and environmental changes. *Marine Geology*, 266(1-4), 18-41. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2009.07.009>
- Liu, M., & Tanhua, T. (2019). Characteristics of water masses in the Atlantic Ocean based on GLODAPv2 data. *Ocean Science Discussions*, 1-43. <https://doi.org/10.5194/os-2018-139>
- Liu, M. & Tanhua, T. (2021). Water masses in the Atlantic Ocean: characteristics and distributions, *Ocean Science Discussions*, 17, 463–486. <https://doi.org/10.5194/os-17-463-2021>.
- Liu, Z., Shin, S.-I., Webb, R. S., Lewis, W. & Otto-Bliesner, B. L. (2005). Atmospheric CO₂ forcing on glacial thermohaline circulation and climate, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L02706. <https://doi.org/10.1029/2004GL021929>.
- Llave, E., Hernández-Molina, F. J., Stow, D. A. V., Fernández-Puga, M. C., García, M., Vázquez, J. T., Maestro, A., Somoza, L., & Díaz del Río, V. (2007). Reconstructions of the Mediterranean Outflow Water during the quaternary based on the study of changes in buried mounded drift stacking pattern in the Gulf of Cadiz. *Marine Geophysical Research*, 28(4), 379–394. <https://doi.org/10.1007/s11001-007-9040-7>
- Locat, J., & Lee, H. J. (2002). Submarine landslides: advances and challenges. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(1), 193-212. <https://doi.org/10.1139/t01-089>
- L-3 Communications SeaBeam Instruments. (2000). Multibeam Sonar Theory of Operation. *L-3 Communications SeaBeam*, 107.
- Miramontes, E., Garreau, P., Caillaud, M., Jouet, G., Pellen, R., Hernández-Molina, F. J., ... & Cattaneo, A. (2019). Contourite distribution and bottom currents in the NW Mediterranean Sea: Coupling seafloor geomorphology and hydrodynamic modelling. *Geomorphology*, 333, 43-60. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.030>
- Motoki, A., Motoki, K. F., & Melo, D. P. de. (2012). Caracterização Da Morfologia Submarina Da Cadeia Vitória-Trindade E Áreas Adjacentes, Es, Com Base Na Batimetria Predita Do Topo Versão 14.1. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 13(2), 151–170. <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.195>
- Mulder, T., Faugères, J. C., & Gonthier, E. (2008). Mixed turbidite–contourite systems. *Developments in sedimentology*, 60, 435-456. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(08\)10021-8](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(08)10021-8)
- Mutti E., Normark W.R. (1987) Comparing Examples of Modern and Ancient Turbidite Systems: Problems and Concepts. In: Leggett J.K., Zuffa G.G. (eds) *Marine Clastic Sedimentology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3241-8_1
- Mutti, E., & Normark, W. R. (1991). An integrated approach to the study of turbidite systems.

- In Seismic facies and sedimentary processes of submarine fans and turbidite systems (pp. 75-106). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8276-8_4
- Nielsen, T. A. P. M., Knutz, P. C., & Kuijpers, A. (2008). Seismic expression of contourite depositional systems. *Developments in Sedimentology*, 60, 301-321. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(08\)10016-4](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(08)10016-4)
- Peterson, R. G., & Stramma, L. (1991). Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, 26(1), 1–73. [https://doi.org/10.1016/0079-6611\(91\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0079-6611(91)90006-8)
- Pluijm, B.A.V.D. & Marshak, S. (2004). Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics. 2nd. Ed. New York/ London, *W.W. Norton & Company*, Inc..
- Posamentier, H. W., & Kolla, V. (2003). Seismic geomorphology and stratigraphy of depositional elements in deep-water settings. *Journal of sedimentary research*, 73(3), 367-388. <https://doi.org/10.1306/111302730367>
- Rebesco, M., Camerlenghi, A., & Van Loon, A. J. (2008). Contourite research: a field in full development. *Developments in sedimentology*, 60, 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(08\)10001-2](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(08)10001-2)
- Rebesco, M., Hernández-Molina, F. J., Van Rooij, D., & Wåhlin, A. (2014). Contourites and associated sediments controlled by deep-water circulation processes: State-of-the-art and future considerations. *Marine Geology*, 352, 111-154. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.03.011>
- Rebesco, M., Larter, R. D., Camerlenghi, A., & Barker, P. F. (1996). Giant sediment drifts on the continental rise west of the Antarctic Peninsula. *Geo-Marine Letters*, 16(2), 65–75. <https://doi.org/10.1007/BF02202600>
- Rebesco, M., Wåhlin, A., Laberg, J. S., Schauer, U., Beszczynska-Möller, A., Lucchi, R. G., Noormets, R., Accettella, D., Zarayskaya, Y., & Diviacco, P. (2013). Quaternary contourite drifts of the Western Spitsbergen margin. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 79, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2013.05.013>
- Regtien, P. & Dertien, E. (2018). Acoustic Sensors. In: Dertien, E., & Regtien, P. P. (2018). *Sensors for Mechatronics*. Elsevier.
- Roberts, D. G., Hogg, N. G., Bishop, D. G., & Flewelling, C. G. (1974). Sediment distribution around moated seamounts in the Rockall Trough. In: *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* (Vol. 21, No. 3, pp. 175-184). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0011-7471\(74\)90057-6](https://doi.org/10.1016/0011-7471(74)90057-6)
- Roden, G. I. (1987). Effect of seamounts and seamount chains on ocean circulation and thermohaline structure. *Seamounts, islands, and atolls*, 43, 335-354. <https://doi.org/10.1029/GM043p0335>
- Sangree, J. B., & Widmier, J. M. (1979). Interpretation of depositional facies from seismic data. *Geophysics*, 44(2), 131-160. <https://doi.org/10.1190/1.1440957>

- Schlitzer, R. (2000). Electronic Atlas of WOCE Hydrographic and Tracer Data Now Available, *Eos Trans. AGU*, 81(5), 45.
- Schmid, C., Schäfer, H., Podestá, G. & Zenk, W. (1995). The Vitória eddy and its relation to the Brazil Current. *Journal of Physical Oceanography*, 25: 2532-2546.
- SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR. (2019). Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira. <https://www.marinha.mil.br/secirm/leplac>
- Shanmugam, G. (2018). Slides, slumps, debris flows, turbidity currents, and bottom currents: Implications. *Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier Online Module*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.04380-3>
- Shanmugam, G. (2019). Slides, Slumps, Debris Flows, Turbidity Currents, Hyperpycnal Flows, and Bottom Currents. In book: *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 3(4), 228-257.
- Silveira, I. C. A. da, Schmidt, A. C. K., Campos, E. J. D., Godoi, S. S. De, & Ikeda, Y. (2000). A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2), 171–183. <https://doi.org/10.1590/S1413-7739200000020000>
- Stoker, M. S., Pheasant, J. B., & Josenhans, H. (1997). Seismic methods and interpretation. In: Davies T.A. et al. (eds) *Glaciated Continental Margins*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5820-6_2
- Stow, D.A.V. (1985). Fine-grained sediments in deep water: An overview of processes and facies models. *Geo-Marine Letters*, 5(1), 17-23. <https://doi.org/10.1007/BF02629792>
- Stow, D., & Smillie, Z. (2020). Distinguishing between deep-water sediment facies: Turbidites, contourites and hemipelagites. *Geosciences*, 10(2), 68. <https://doi.org/10.3390/geosciences10020068>
- Stramma, L., & England, M. (1999). On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104(C9), 20863-20883. <https://doi.org/10.1029/1999JC900139>
- Tagliaro, G., Wainman, C. C., & Fulthorpe, C. S. (2021a). Inherited morphobathymetric controls over contourite drift deposition: A case study from the late Cenozoic Mentelle Basin, Australia. *Interpretation*, 9(3), T637-T652. <https://doi.org/10.1190/INT-2020-0131.1>
- Tagliaro, G., Fulthorpe, C. S., Watkins, D. K., De Vleeschouwer, D., Brumsack, H., Bogus, K., & Lavier, L. L. (2021b). Late Miocene-Pliocene Vigorous Deep-Sea Circulation in the Southeast Indian Ocean: Paleoceanographic and Tectonic Implications. *Paleoceanography and Paleoclimatology*. <https://doi.org/10.1029/2021PA004303>
- Thiéblemont, A., Hernández-Molina, F. J., Miramontes, E., Raison, F., & Penven, P. (2019). Contourite depositional systems along the Mozambique channel: The interplay between

bottom currents and sedimentary processes. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 147, 79-99. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.03.012>

Vail, P. R., Mitchum Jr, R. M., & Thompson III, S. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 3. Relative changes of sea level from Coastal Onlap: section 2. Application of seismic reflection Configuration to Stratigraphic Interpretation.

Walker, R.G. 1992. Turbidites and submarine fans. In R.G. Walker, N.P. James (eds.), *Facies models: response to sea-level change. Geological Association of Canada.*

Walker, R.G. & Plint, A.G. 1992. Wave- and Storm-dominated Shallow Marine Systems. In R.G. Walker, N.P. James (eds.), *Facies models: response to sea-level change. Geological Association of Canada.*

Xu, G., & Haq, B. U. (2022). Seismic facies analysis: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 224, 103876. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103876>

APÊNDICE A – Linhas sísmicas auxiliares

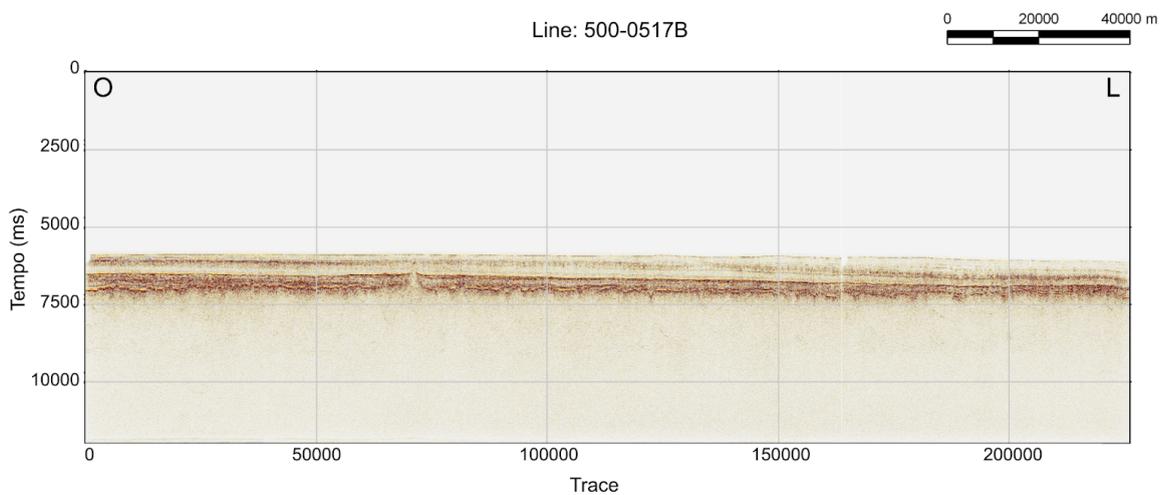


Figura A-1: Linha sísmica 500-0517B. Detalhes da localização da linha 500-0517B na Figura 17.

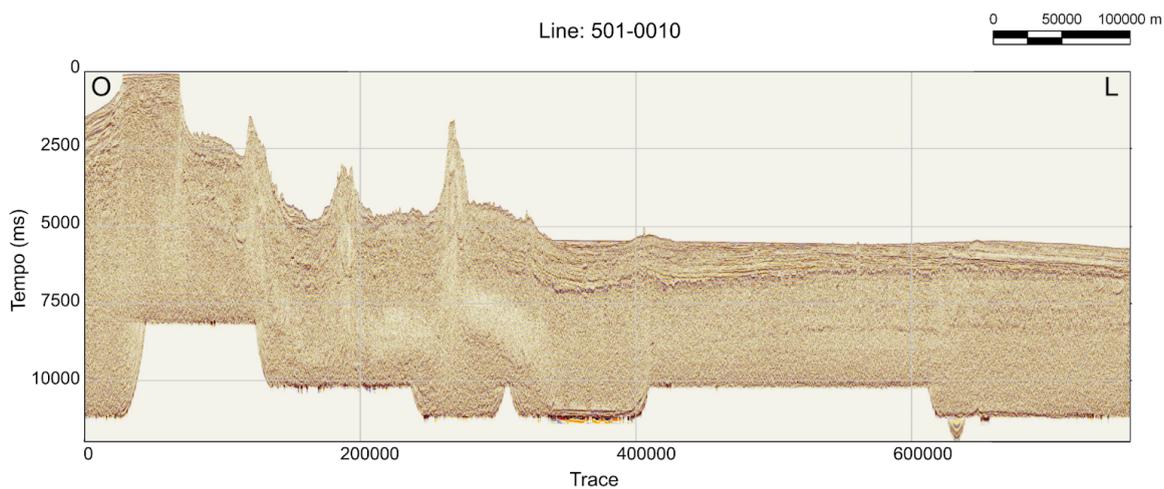


Figura A-2: Linha sísmica 501-0010. Detalhes da localização da linha 501-0010 na Figura 17.

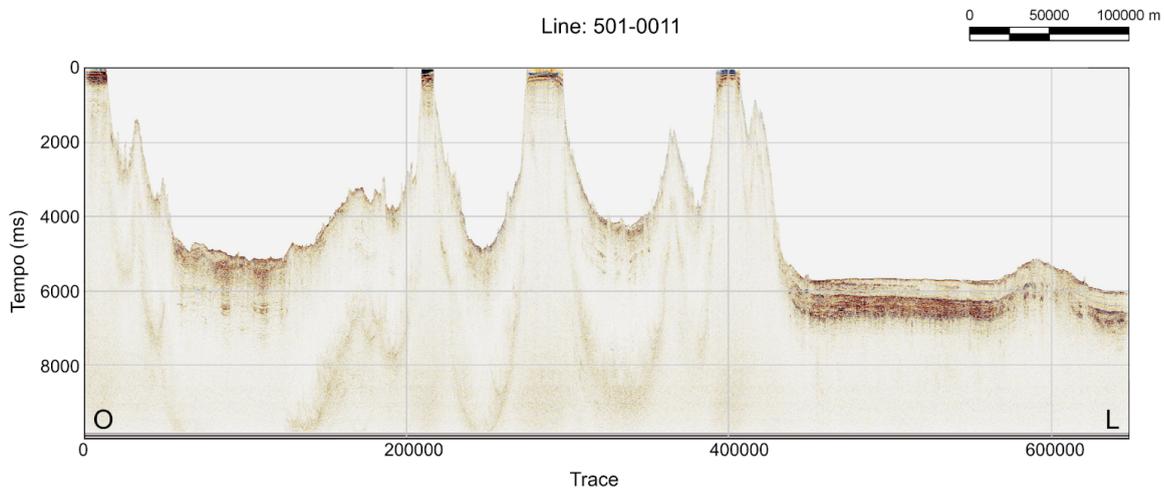


Figura A-3: Linha sísmica 501-0511. Detalhes da localização da linha 500-0511 na Figura 17.

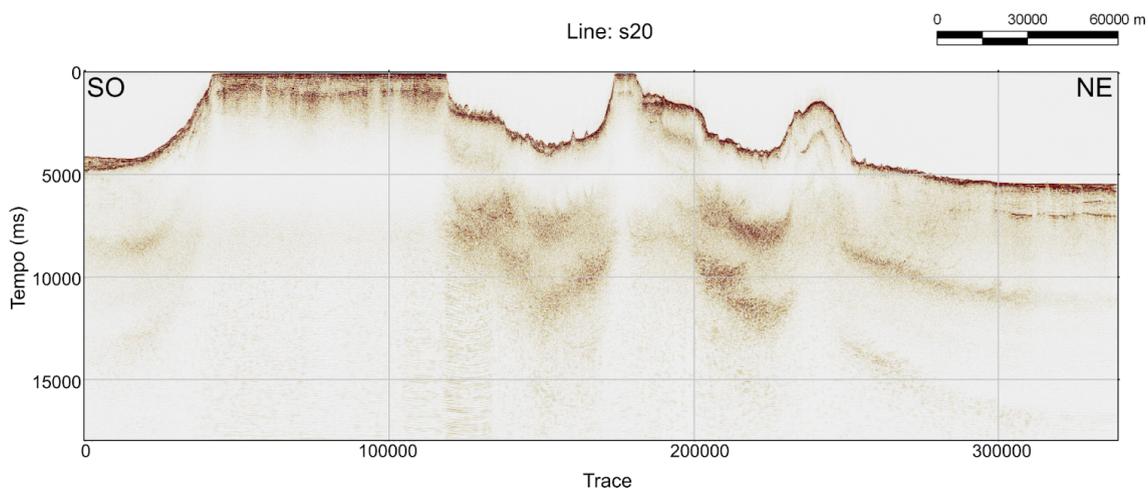


Figura A-4: Linha sísmica s20. Detalhes da localização da linha s20 na Figura 17.

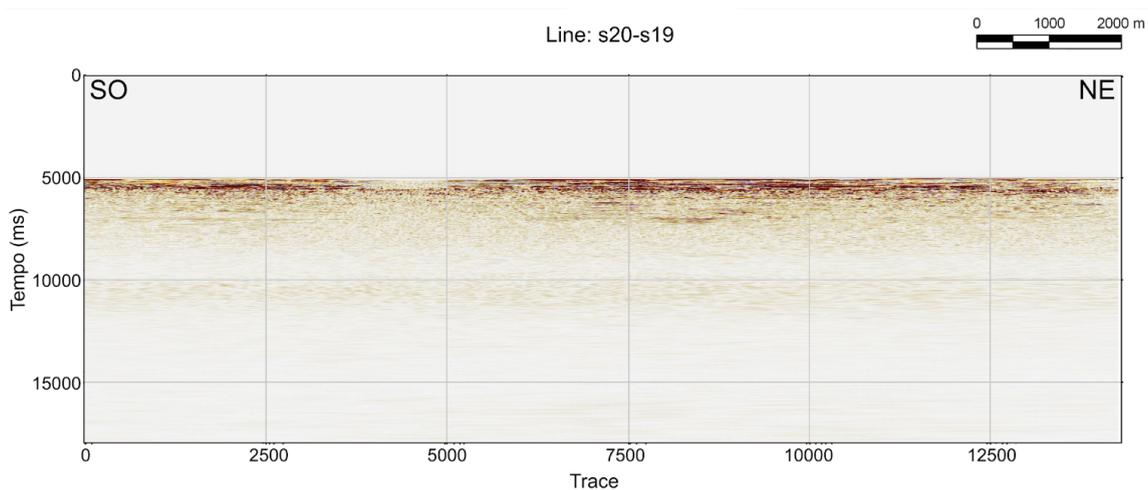


Figura A-5: Linha sísmica s20-s19. Detalhes da localização da linha s20-s19 na Figura 17.

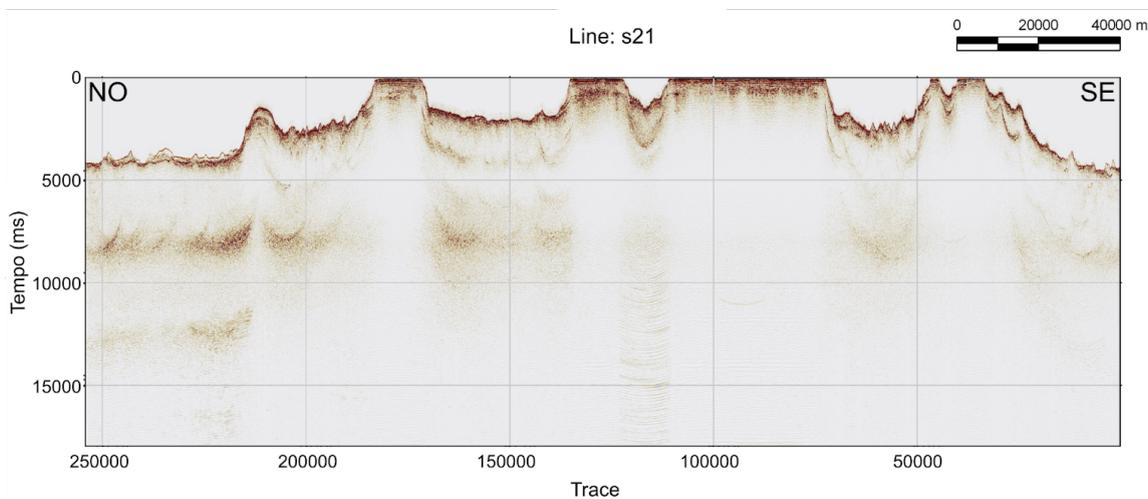


Figura A-6: Linha sísmica s21. Detalhes da localização da linha s21 na Figura 17.

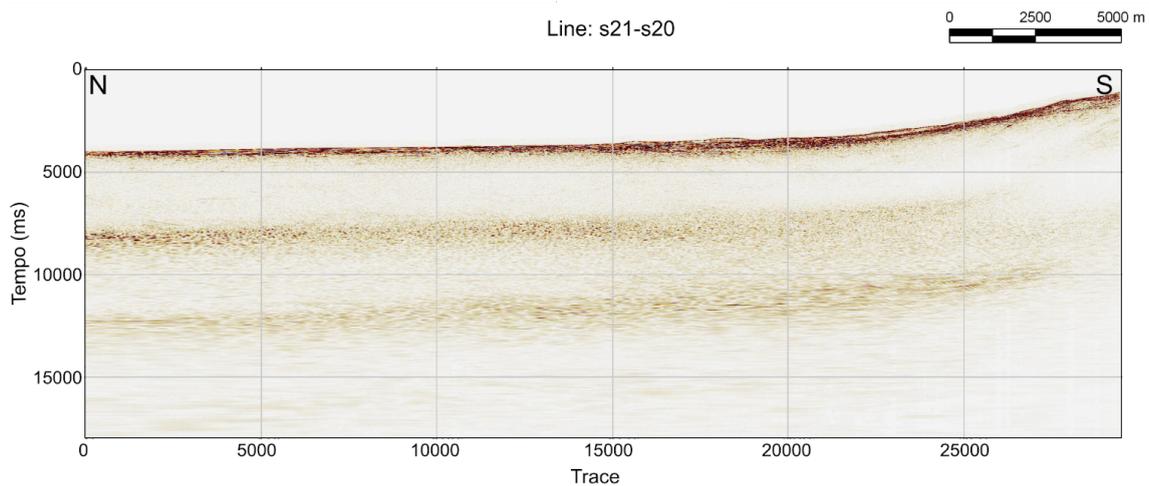


Figura A-7: Linha sísmica s21-s20. Detalhes da localização da linha s21-s20 na Figura 17.

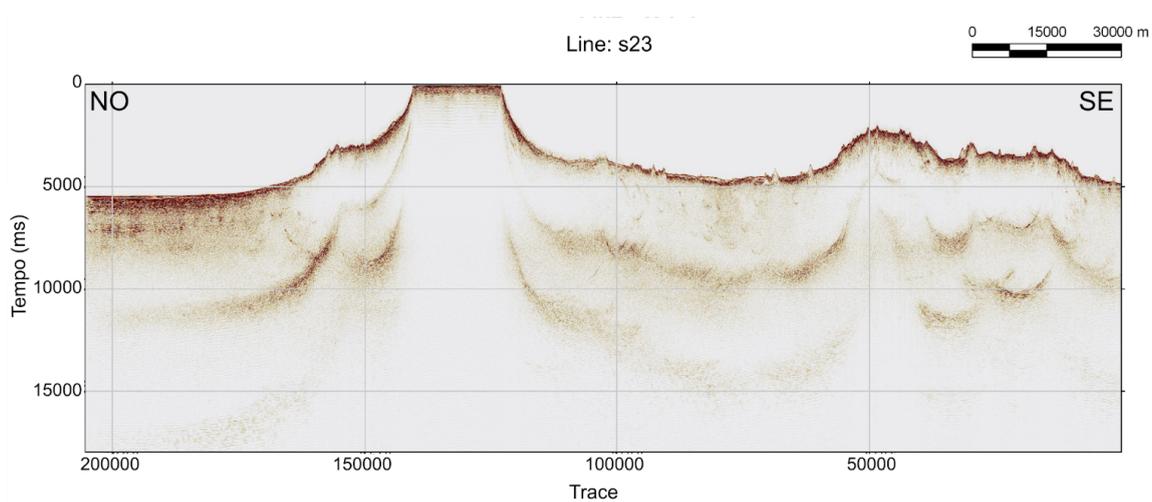


Figura A-8: Linha sísmica s23. Detalhes da localização da linha s23 na Figura 17.

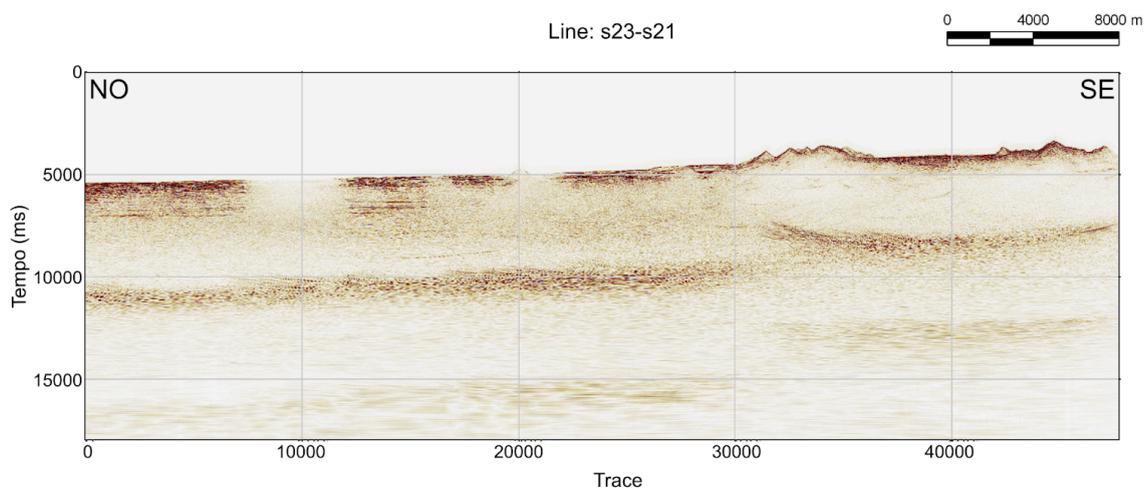


Figura A-9: Linha sísmica s23-s21. Detalhes da localização da linha s23-s21 na Figura 17.

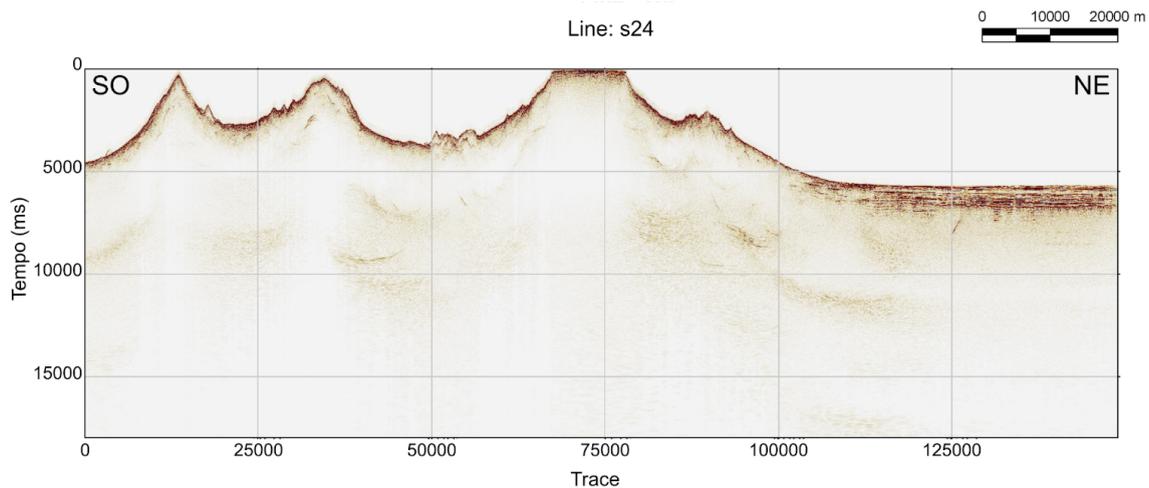


Figura A-10: Linha sísmica s24. Detalhes da localização da linha s24 na Figura 17.

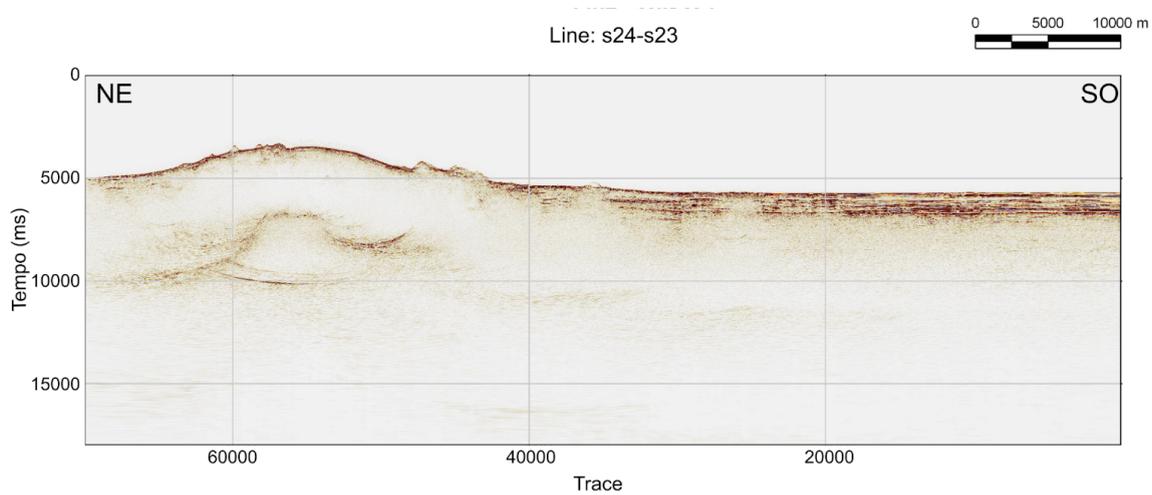


Figura A-11: Linha sísmica s24-s23. Detalhes da localização da linha s24-s23 na Figura 17.